UNIVERSITÉ DE NEUCHATEL - FACULTÉ DES SCIENCES
INSTITUT de BOTANIQUE — Directeur : Professeur Henri Spinner

Influence de l'aneurine (vitamine B_1) sur la croissance de certaines plantes

THÈSE

PRÉSENTÉE A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE NEUCHATEL POUR L'OBTENTION DU GRADE DE DOCTEUR ÈS-SCIENCES

par

Roger SANDOZ
pharmacien diplômé
de La Chaux-de-Fonds et Le Locle (Neuchâtel)

GENÈVE
SOCIÉTÉ GENEVOISE D'ÉDITIONS ET IMPRESSIONS, COULOUVRENIÈRE 29
1945

UNIVERSITÉ DE NEUCHATEL - FACULTÉ DES SCIENCES
INSTITUT de BOTANIQUE — Directeur : Professeur Henri Spinner

Influence de l'aneurine (vitamine B_1) sur la croissance de certaines plantes

THÈSE

PRÉSENTÉE A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE NEUCHATEL POUR L'OBTENTION DU GRADE DE DOCTEUR ÈS-SCIENCES

par

Roger SANDOZ
pharmacien diplômé
de La Chaux-de-Fonds et Le Locle (Neuchâtel)

GENÈVE
SOCIÉTÉ GENEVOISE D'ÉDITIONS ET IMPRESSIONS, COULOUVRENIÈRE 29
1945

La Faculté des Sciences de l'Université de Neuchâtel, sur le rapport de MM. les professeurs **SPINNER**, **BAER** *et* **PERRET**, *autorise l'impression de la présente thèse, sans exprimer d'opinion sur les propositions qui y sont contenues.*

Neuchâtel, le 13 juillet 1944.

Le Doyen :

Ch. G. BOISSONNAS.

R.UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

A MES PARENTS

Je tiens à remercier ici, de tout mon cœur, le Professeur Dr Henri SPINNER, pour sa très grande bonté, son inépuisable dévouement, et pour tous les conseils qu'il n'a cessé de me donner au cours de ce long travail.

Mes remerciements vont aussi au Dr Henri GUYOT, du Service scientifique Roche, et à la Maison F. HOFFMANN-LA ROCHE, à Bâle, pour l'aneurine qu'elle a bien voulu mettre à ma disposition.

Je remercie également Messieurs FRANCFORT et ULRICH, horticulteurs à Grandson.

Influence de l'aneurine (vitamine B_1) sur la croissance de certaines plantes

PAR

Roger SANDOZ

HISTORIQUE

Dès le début du siècle, de nombreux travaux eurent pour objet l'étude des substances pouvant activer la croissance des plantes. A l'origine, CLINTON (1909) observa que des extraits de plantes avaient la propriété de stimuler le développement de certains végétaux.

HABERLANDT présumait l'existence d'une hormone spéciale qui correspondrait à la sécrétion interne des animaux.

BOTTOMLEY (1912) a été le premier chercheur qui se soit occupé sérieusement de ce problème.

Il tira de la tourbe fermentée les extraits de plante ayant la propriété de stimuler le développement des végétaux.

Il constata qu'une tourbe contient toutes les combinaisons chimiques nécessaires à la croissance de jeunes plantes de tomates, de radis, d'orge, etc.

Ces substances, ajoutées aux milieux nutritifs dans lesquels il cultivait des plantes supérieures, favorisaient considérablement la croissance de celles-ci.

Les résultats obtenus par BOTTOMLEY furent confirmés par CHITTENDEN qui répéta les expériences de BOTTOMLEY, mais en pots et obtint une accélération de croissance.

Bottomley lui-même répéta son premier essai d'une manière plus exacte : il se servit de la lentille d'eau (*Lemna minor*) qu'il cultiva sur le milieu nutritif de Detmer dont la seule source d'oxygène est le nitrate de potasse. La lentille d'eau n'étant pas en mesure de vivre seulement des constituants inorganiques qui lui sont offerts, s'affaiblit de semaine en semaine et prend un aspect pathologique. Bottomley, à ce moment-là, ajouta au milieu nutritif divers extraits à base de tourbe fermentée : la croissance de la plante redevint normale.

Il répéta avec d'autres plantes aquatiques (*Salvinia natans*, par ex.) les mêmes expériences avec les mêmes résultats.

Un autre expérimentateur, Rosenheim, obtint des plantes plus élevées, plus vertes que le contrôle.

La conclusion de tous ces travaux fut que l'effet de ces extraits ne provient pas seulement de la présence de leurs éléments constitutifs, mais que les substances capables de susciter les modifications de croissance devaient appartenir aux vitamines.

Toutefois, on n'a pu se rendre compte plus profondément de la nature des relations entre les plantes et ces matières que grâce aux progrès de la chimie des vitamines au cours de ces dernières années.

Quarante années auparavant, l'histoire de la vitamine avait déjà commencé, avec la découverte d'Eijkmann, médecin hollandais, qui avait constaté, à la suite d'expériences faites avec des poules nourries avec du riz décortiqué, que la polynévrite des volailles était causée par l'insuffisance d'un élément spécifique. Il en déduisit qu'en polissant le riz, on lui enlève une substance indispensable à la prévention de la polynévrite.

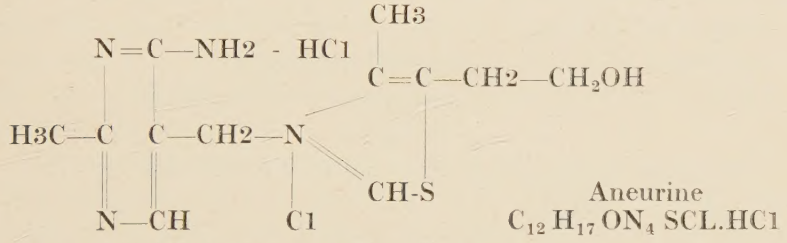
C'est cette découverte qui a été à l'origine de celle faite en 1911 par Casimir Funk. Partant de la balle de riz, Funk en isola la matière antinévritique qu'il nomma vitamine pour marquer qu'il s'agissait d'une amine vitale. La matière anti-

névritique de Funk n'était pas pure. On prouva qu'elle n'était pas formée d'une substance unique, mais d'un mélange de matières agissantes, toutes solubles dans l'eau, difficiles à séparer les unes des autres.

Funk obtint tout de suite des préparations efficaces de vitamine antinévritique. Il chercha à obtenir ce corps à l'état pur, mais n'y parvint pas, car la vitamine B_1 est très sensible à la chaleur et aux alcalis.

Les premiers qui l'obtinrent sous forme cristallisée furent deux Hollandais, Jansen et Donath. Ils ne purent cependant pas établir sa formule chimique.

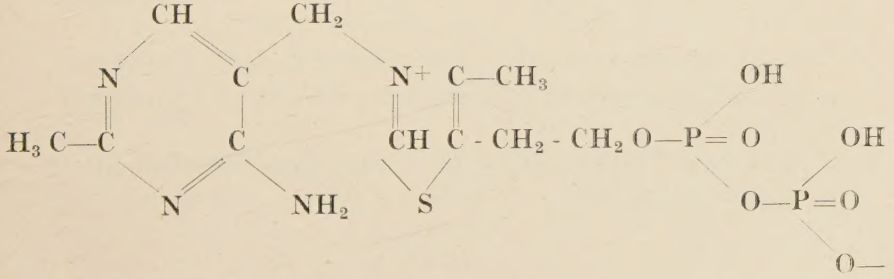
Windhaus prouva que seule des vitamines, la vitamine B_1 contient du S et, en 1936, Williams en établit la synthèse qui confirma la formule de constitution suivante :



Dans l'organisme végétal, cette vitamine n'est pas accumulée dans la cellule comme telle, mais sous forme d'éther-sel pyrophosphorique ; sous cette forme elle est identique au groupe prosthétique des ferments carboxylase et pyruvo-déhydrase.

Formules de l'acide aneurinophosphorique

Cocarboxylase



Pendant longtemps on ne considéra les vitamines qu'au point de vue de leurs fonctions physiologiques et thérapeutiques. La découverte de leur participation à des *systèmes fermentaires* (lorsque la vitamine figure comme élément constitutif d'un ferment) permit d'étudier le mécanisme d'action de chacune d'entre elles dans ces processus biochimiques.

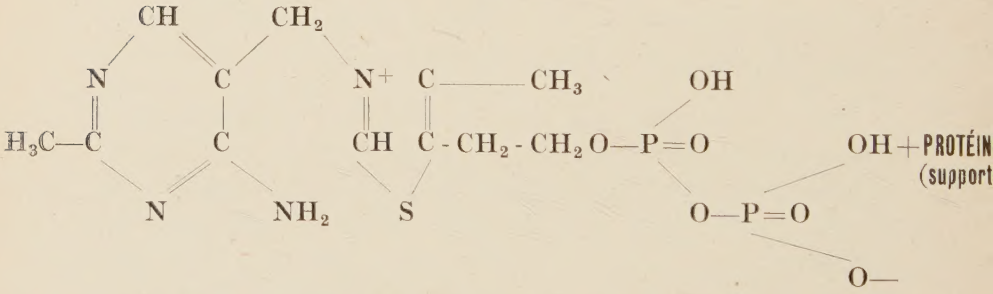
Les ferments, produits par les organismes vivants, sont des catalyseurs.

On peut se représenter un ferment selon le schéma suivant :

COFERMENT	+	APOFERMENT
constituant à molécule peu compliquée, contenant les groupes prosthétiques ou actifs responsables de la spécificité de l'action		support à molécule compliquée, la plupart du temps spécifique (albumine) responsable de la spécificité du substratum.

HOLOFERMENT
molécule
complexe

La carboxylase peut être figuré comme suit :



(Groupe actif) acide aneurinophosphorique — ferment intermédiaire
COCARBOXYLASE — APOCARBOXYLASE

Mode d'action : C'est à l'holoferment constitué par l'association d'un coferment à un apoferment que revient l'action ferment.

Fonction : Scission d'acides α- cétoniques en aldéhyde et en acide carbonique.

La vitamine B_1 est très largement répandue dans le monde végétal, même chez les espèces achlorophylliennes. Mais elle ne se trouve partout, à quelques rares exceptions près (levures, germes de blé, balle de riz) qu'en concentration très minime.

On la trouve avant tout dans les germes de céréales et les semences de fruits à cosses, c'est-à-dire dans toutes les parties où les matières nutritives sont accumulées. Elle est particulièrement abondante dans les téguments et la couche à aleurone des graines de céréales et chez les levures, alors que le riz poli est pratiquement sans vitamine B_1. C'est ainsi que s'explique la présence fréquente d'avitaminose B^1 chez les peuples d'Extrême-Orient. De même, elle est nulle ou à peu près, dans le pain blanc résultant d'un blutage trop fin.

Si, lors de la germination, on enlève partiellement ou totalement la couche à aleurone, la croissance est arrêtée ; de même si l'on supprime les cotylédons. Par contre, dans les deux cas si, les germes étant cultivés dans des conditions stériles, on ajoute de l'aneurine au milieu nutritif, la croissance reprend. (Kögl).

On constate dans le monde végétal, dès les groupes les plus inférieurs, la faculté de produire de la vitamine B_1 par synthèse. C'est ainsi que maintes bactéries (bactérie de l'acide lactique par exemple) en sont capables. Mais d'autres ne peuvent croître et prospérer que lorsque se trouve de l'aneurine dans leur milieu nutritif.

A ce propos, un très grand nombre de recherches ont été faites sur les champignons.

Nombre d'entre eux n'ayant pas, ou ayant perdu la faculté de former les substances de croissance, il était bien plus facile de reconnaître l'importance de ces substances dans leur cas que dans celui des plantes supérieures.

Schopfer (1934) montra que le *Phycomyces Blakesleeanus* ne peut se développer dans un milieu de culture artificiel (sucre, asparagine, sels minéraux) qu'en présence d'aneurine.

1) La vitamine B_1 dans le cas du Phycomyces rend possible la croissance et stimule en outre la formation de zygotes.

2) Si l'on remplace l'aneurine par le mélange de ses deux constituants (Pyrimidine et Thiazol) le *Phycomyces* se développe aussi bien qu'avec l'aneurine même. (Robbins et Kavanagh, 1937, Schopfer et Yung, 1937).

Il en est de même si l'on cultive le *Staphylococcus aureus* (Knight, 1937) ou l'*Ustilago violacea* (Schopfer et Blumer, 1938).

3) Si l'on supprime l'un des constituants, que l'on n'offre au Phycomyces que le dérivé thiazolique, ou le dérivé pyrimidinique, le résultat est nul.

Dans les mêmes conditions, d'autres moisissures cependant, peuvent encore prospérer.

4) Ainsi *Rhodotorula rubra* se contente de pyrimidine (Schopfer, 1937), tandis que *Mucor Ramamnianus* se contente de thiazol (Muller et Schopfer, 1937). Ce dernier doit donc pouvoir synthétiser la pyrimidine dans ses tissus et, en combinant cette dernière au thiazol, reconstituer l'aneurine.

De même *Rhocotorula* doit pouvoir fabriquer l'aneurine en combinant son propre thiazol avec la Pyrimidine qui lui est offerte.

Par contre *Phycomyces* ne peut synthétiser aucun des deux constituants de l'aneurine ; il doit les trouver tous les deux dans le régime alimentaire.

Les exemples mentionnés plus haut montrent à quel point l'aneurine est un facteur important pour le développement des végétaux inférieurs.

L'effet de l'aneurine favorisant la croissance chez les organismes inférieurs est à ce point spécifique qu'on peut s'en servir pour déterminer les moindres quantités d'aneurine. C'est le test de Schopfer.

Le test de Schopfer est basé sur ceci : que l'aneurine stimule spécifiquement la croissance du *Phycomyces Blakesleeanus* et que le poids d'un champignon grandi dans des conditions déterminées est approximativement proportionnel à la quantité d'aneurine reçue.

Dans le cas des plantes supérieures, même de parasites sans chlorophylle, on décèle de l'aneurine dans toutes les parties vivantes (Schopfer).

Cependant, d'après Bonner, la synthèse proprement dite ne se produit que dans les feuilles et seulement par exposition à la lumière. C'est de là que l'aneurine est transmise dans les semences, les bourgeons, les racines.

La croissance des racines est favorisée par la moindre adjonction d'aneurine (test de Robbins et Bartley sur les racines de tomates).

A côté du Phycomyces un indicateur particulièrement sensible à l'aneurine est la racine coupée de tomate, qui ne croit que dans une solution nutritive contenant de l'aneurine, (ou un mélange de ses deux constituants).

Plusieurs méthodes de dosage de l'aneurine ont été préconisées. L'une de celles-ci, des plus connues, est celle au thiochrome de Jansen dont le principe est que l'aneurine en solution alcaline est transformée, par une oxydation lente au ferricyanure de K en un colorant jaune à fluorescence bleue, le *Thiochrome* qui se cristallise bien (et n'a plus l'efficacité de la vitamine B_1).

C'est cette dernière méthode de dosage qui est actuellement employée pour déterminer la teneur en vitamine B_1 des produits alimentaires, du pain, du son de froment, du gruau de riz, de la farine de châtaignes et de pois, etc.

La vitamine B_1 contenue dans les matières végétales, surtout les feuilles des légumes et les pommes de terre, se perd dans la cuisine ménagère pour plus de 50% dans l'eau de cuisson. Ces pertes sont moindres (10 à 25%) lorsque les légumes sont cuits à la vapeur.

De tout ce qui précède on peut tirer la conclusion que le développement et la croissance de diverses plantes sont favorisées par l'aneurine, agissant soit comme fonction coferment, soit comme fonction facteur de croissance.

I. EXPÉRIENCE PRÉLIMINAIRE

Nous avons donc entrepris de rechercher, dans un but pratique, quelle est l'influence de la vitamine B_1 sur le développement de divers végétaux de notre pays.

Nous pouvions procéder de trois manières :

1) ou bien cultiver des plantes en pleine terre, les arroser avec des solutions d'aneurine de diverses concentrations, mais nous exposer à voir les résultats compromis par la pluie en particulier,

2) ou bien opérer en milieu stérilisé.

Nous avons immédiatement renoncé à l'emploi général de ce dernier procédé à cause de la complexité pratique du problème, qui fait qu'une culture pure, à l'abri de tout élément étranger, est pratiquement impossible, ne fut-ce qu'à cause de l'influence des éléments oligodynamiques, impuretés contenues dans les produits chimiques employés et qui semblent jouer un rôle assez important (voir UTIGER, H., Bull. de la Soc. Botanique suisse, N° 52, page 537).

3) ou bien expérimenter sur des plantes cultivées en *pots*, dans une serre.

La culture en pots offrait deux possibilités :

a) Etudier l'influence de l'aneurine sur une seule espèce dont les exemplaires étaient distribués dans un grand nombre de pots,

b) ou se servir de plusieurs plantes d'espèces différentes, et observer la croissance de chacune de celles-ci dans quelques pots seulement.

C'est cette dernière méthode que nous avons choisie préliminairement pour juger de l'action de l'aneurine dans les divers secteurs de la croissance.

Toutes les expériences furent faites en pots, ceux-ci étant placés dans une serre dont les conditions de lumière, de température, d'humidité, étaient identiques pour tous les pots d'une même espèce.

Les terreaux employés furent stérilisés, puis mélangés et tamisés afin que les meilleures conditions d'égalité fussent requises.

Nos expériences ont été faites sur les plantes suivantes :

1. Pois *nain-monopole*
2. Haricots *extra-hâtifs*
3. Tagètes *haute orange-balle*
4. Zinnias *Géant de Californie*
5. Reines-Marguerites *demi-naines Hercule*
6. Marjolaine vivace (de bouture).

A quelques exceptions près, le même nombre de graines furent semées dans chaque pot (pour les marjolaines, des boutures furent plantées), et chaque pot, lors des arrosages, arrosé de la manière suivante :

Le pot O (témoin), avec de l'eau de pluie recueillie dans un bassin

Le pot	I	avec	une	solution	aneurinée	1 /200.000.000
»	II	»	»	»	»	1 /100.000.000
»	III	»	»	»	»	1 / 50.000.000
»	IV	»	»	»	»	1 / 20.000.000
»	V	»	»	»	»	1 / 10.000.000

chaque plante recevant la même quantité d'eau, le même jour, à la même heure.

L'aneurine nous a été offerte sous forme de tablettes de Benerva, dosées à 1 milligramme, par la Maison F. Hoffmann-La Roche & Cie, S. A., à Bâle, que nous remercions ici très vivement.

Nous avons étudié l'influence de l'aneurine sur la germination d'abord ; puis tout au cours du développement, nous avons observé la croissance de la plante, mesuré ses diverses dimensions, sa hauteur, son amplitude, la grandeur de chaque organe, examiné sa couleur, sa résistance à la chaleur (puis au

froid), la date de l'apparition des fleurs, des fruits, leur grandeur et leur poids, puis recueilli et pesé les plantes au moment de leur maturité.

Toutes les expériences furent refaites une deuxième fois, puis une troisième fois pour les pois et les haricots, mais en dernier lieu en étudiant l'action de l'aneurine en solutions plus concentrées, soit $1 : 5.10^6$, $1 : 2.10^6$,$1 : 10^6$. (voir page 19). Les résultats obtenus furent confirmés en partant de graines sélectionnées, en cultivant celles-ci sur un milieu de culture artificiel et dans des conditions stériles.

Ces graines sélectionnées provenaient de la culture des pois première série dont j'ai prélevé deux gousses sur le même pied (N° 0 de la première série, graines de même grandeur).

Elles furent stérilisées comme suit :

Trempées quelques secondes dans l'alcool à 99%, puis pendant 2 minutes dans une solution de sublimé $Hg\ Cl_2$ à 1/5000, ensuite lavées avec de l'eau stérile.

Elles furent mises alors à germer dans un Erlenmeyer stérile, sur une couche de coton stérile, imbibé de solution nutritive de Knop, soit :

Nitrate de Ca puriss.	1.00
Chlorure de K puriss.	0,12
Sulfate de Mg puriss.	0,25
Phosphate acide de K puriss.	0,25
Chlorure ferrique	traces
Eau	1000.00

Il est important d'utiliser de l'ouate médicale de première qualité pour les cultures dans un Erlenmeyer. En effet, il est résulté d'essais comparatifs (selon Ondratschek) que de l'ouate brune ordinaire, non-blanchie, laisse des quantités notables de facteurs nutritifs agissants.

En outre, aucune fabrique ne saurait garantir la livraison d'ingrédients chimiques purs 100%.

Ainsi pour deux des composants de la solution de Knop, Utiger signale les impuretés suivantes :

KH_2PO_4 puriss.	: Al, Pb, Cu, Mg, Ag.
$MgSO_4$	: Na, Cu.

Schering A. G., Berlin, dans un catalogue de 1942 indique les impuretés suivantes en proportion du reste infimes :

ClK	: SO_4, Br, N, Pb, Na.
KH_2PO_4	: Cl, Fe, SO_4
$MgSO_4$	: Cl, Ca, Fe.

Les Erlenmeyer furent bouchés avec un tampon de coton stérile, et exposés à la lumière du jour.

Mêmes conditions de lumière et de température pour tous.

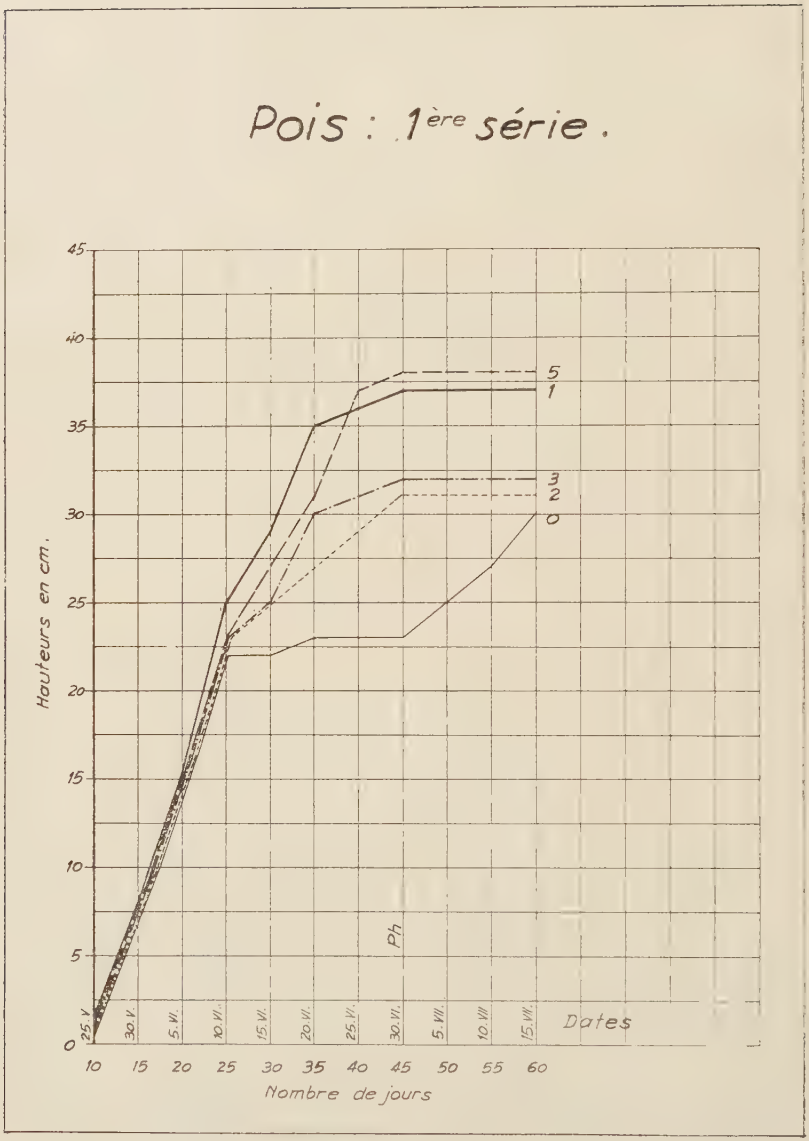
Voici les procès-verbaux de toutes ces expériences, les remarques qui découlent de chacune d'elles et, tout à la fin, les conclusions générales qu'il est permis d'en tirer.

A. POIS « NAIN-MONOPOLE »

Première série

Une première série a été semée le 15 mai 1941. La photo fig. 1 la montre en date du 25 juin ; le graphique fig. 2 en expose l'allure de la croissance ; les tabelles 1 et 2 détaillent des caractéristiques de dimensions et de poids.

FIGURE 1


Pois : 1ère série.
Hauteurs en cm.
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
5
1
3
2
0
Ph
25. V.
30. V.
5. VI.
10. VI.
15. VI.
20. VI.
25. VI.
30. VI.
5. VII.
10. VII.
15. VII.
Dates
10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60
Nombre de jours

GRAPHIQUE 2

A. POIS « NAIN-MONOPOLE »

TABELLE 1

Mesures des feuilles et des gousses pendant la croissance, en cm.

	Feuilles	Feuilles	Feuilles	Feuilles	Feuilles	Gousses	Feuilles	Gousses
0	2,5 × 1,5	2,5 × 1,5	2,5 × 1,5	2,5 × 1,5	4 × 2	2,5	4 × 2	3
I	4 × 3,5	4 × 3,5	4,5 × 3,7	5 × 3,5	5 × 3,5	7,5	5 × 3,5	7,5
II	3,5 × 3	3,5 × 3	4 × 3,5	4,5 × 3,7	5 × 3,5	3,5	5 × 3,5	4
III	3,5 × 3	3,5 × 3	4 × 3,5	4,5 × 3,7	5 × 3,5	4,5	5 × 3,5	5
IV	rongé							
V	4 × 3,5	4 × 3,5	4,5 × 3,7	5 × 3,5	5 × 3,5	7,5	5 × 3,5	7,5
Dates	25.5.	5.6.	15.6.	25.6.	5.7.	5.7.	15.7.	15.7.

TABELLE 2

Pesées (au 15 juillet)
Pois 1re série

	Poids en gr.			Rapports en %		
	A	B	C			
	Poids frais	Poids sec	Cendres	$\frac{100 \times B}{A}$	$\frac{100 \times C}{B}$	$\frac{100 \times C}{A}$
	15,8	3,88	0,93	24,556	23,958	5,886
I	19,5	6,435	1,42	33,0	22,066	7,287
II	17	4,42	1,149	26,0	25,095	6,758
III	17,5	4,53	1,195	25,886	26,379	6,828
Rongé	—	—	—	—	—	—
V	20	6,51	1,45	32,55	22,273	7,25

Voici, en outre, divers renseignements tirés du procès-verbal de mes observations :

1) L'aneurine ne hâte pas la germination.

2) Dès après la germination, la croissance est stimulée par l'aneurine.

3) Dès le début les racines sont plus longues, respectivement 9, 10, 11, 11, 11, 11 cm.

4) A partir du 15 juin, grandes chaleurs (30-40 degrés), les plantes aneurinées sont stimulées.

5) Toutes les floraisons sont synchrones (20 juin).

6) Dès le début de la fructification (25 juin), les pois aneurinés sont plus gros, 4 cm. contre 3 cm.

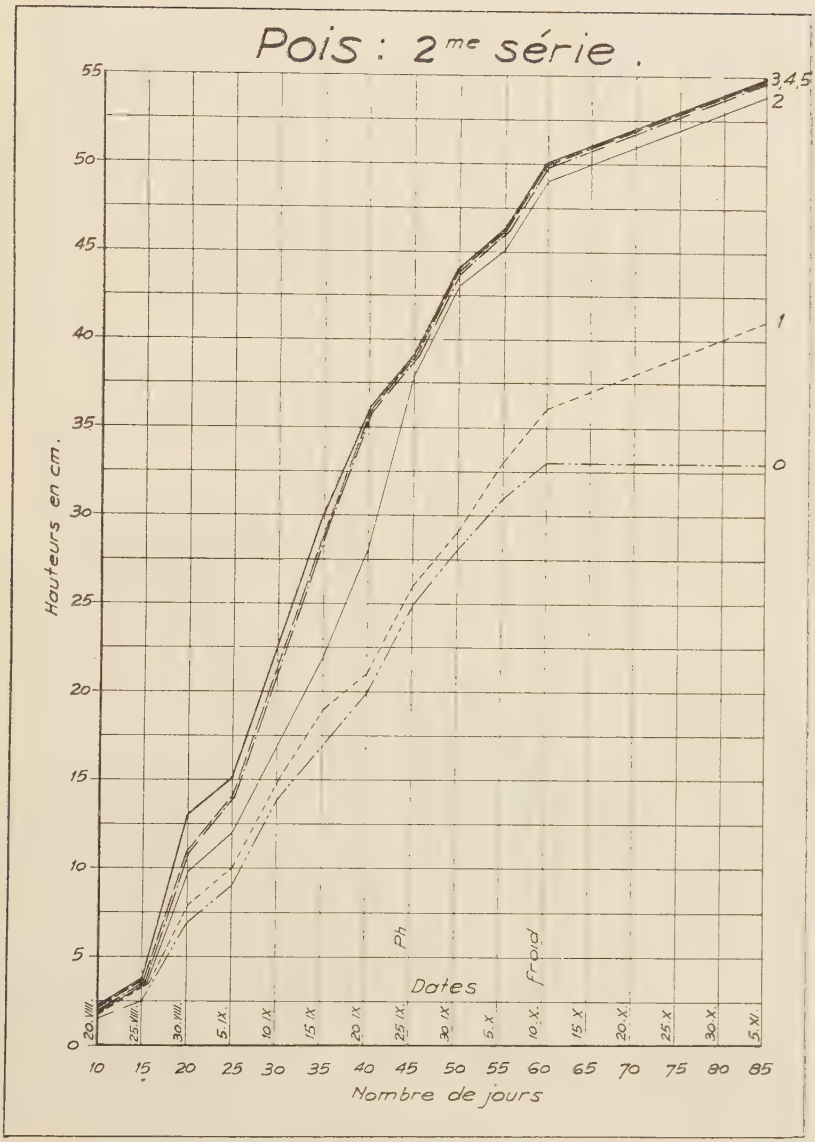
7) Les pois changent de couleur (15 juillet), dans l'ordre 0, I, II, III, IV, V.

8) Le 20 juillet, cueillette et pesée. Les nodosités bactériennes sont plus nombreuses et plus grosses chez les plantes aneurinées.

Deuxième série

Elle a été semée le 10 août 1941. Voir photo fig. 3, graphique fig. 4, tabelles 3 et 4.

FIGURE 3


Pois : 2me série.
Hauteurs en cm.
Nombre de jours
Dates
Ph
froid
3,4,5
2
1
0
20. VIII.
25. VIII.
30. VIII.
5. IX.
10. IX.
15. IX.
20. IX.
25. IX.
30. IX.
5. X.
10. X.
15. X.
20. X.
25. X.
30. X.
5. XI.

GRAPHIQUE 4

TABELLE 3
Dimensions des folioles (long. × larg.) et des gousses, en cm.

	Feuilles	Feuilles	Feuilles	Feuilles	Feuilles	Gousses	Feuilles	Gousses
0	2,5 × 1,7	2,5 × 1,7	3 × 2	4 × 2	4 × 2	0	4 × 3	0
I	2,5 × 2	2,5 × 2	3 × 2	5 × 3	5 × 3	2,5	5 × 3	4
II	4 × 3,5	4 × 3,5	5 × 3,5	5 × 3,5	5 × 3,5	3	5 × 3,5	7,5
III	4 × 3,5	4 × 3,5	5 × 3,5	5 × 3,5	5 × 3,5	3	5 × 3,5	7,5
IV	4 × 3,5	4 × 3,5	5 × 3,5	5 × 3,5	5 × 3,5	3	5 × 3,5	7,5
V	4 × 3,5	4 × 3,5	5 × 3,5	5 × 3,5	5 × 3,5	3	5 × 3,5	7,5
Dates	15.9.	20.9.	30.9.	10.10.	20.10.	20.10.	30.10.	30.10.

TABELLE 4
Pesées (au 5 novembre)
Pois 2me série

	Poids en gr.			Rapports en %		
	A	B	C			
	Poids frais	Poids sec	Cendres	$\frac{100 \times B}{A}$	$\frac{100 \cdot C}{B}$	$\frac{100 \times C}{A}$
0	8,0	2,00	0,50	25	25	6,25
I	10,1	2,51	0,63	24,851	25,099	6,237
II	18,1	6,03	1,39	33,287	23,051	7,679
III	16,1	5,50	1,25	34,161	22,727	7,763
IV	16,0	5,50	1,25	34,375	22,727	7,812
V	18,2	6,20	1,42	34,065	22,903	7,802

Des mesures spéciales des racines à la fin de la croissance ont donné les résultats suivants en cm. :

	0	I	II	III	IV	V
première série	15	25	25	25	25	25
deuxième série	17	19	32	32	32	32

Les conclusions sont les mêmes que pour la première série. Ajoutons la suivante : au début, les hautes températures, jusqu'à 35°, ont aussi favorisé les pieds aneurinés ; dès le 1er octobre, sont survenues des gelées, le thermomètre tomba à 3° dans la serre ; le témoin cessa alors de se développer.

Troisième série

Elle fut semée le 22 août 1941, par de fortes chaleurs, jusqu'à 40° dans la serre. Les solutions employées étaient plus concentrées : A, témoin ; B, sol. 1 : 5.000.000 ; C, sol. 1 : 2.000 000 ; D, sol. 1 : 1 000 000. (voir page 14).

Voir photo fig. 5, graphique fig. 6, tabelles 5 et 6.

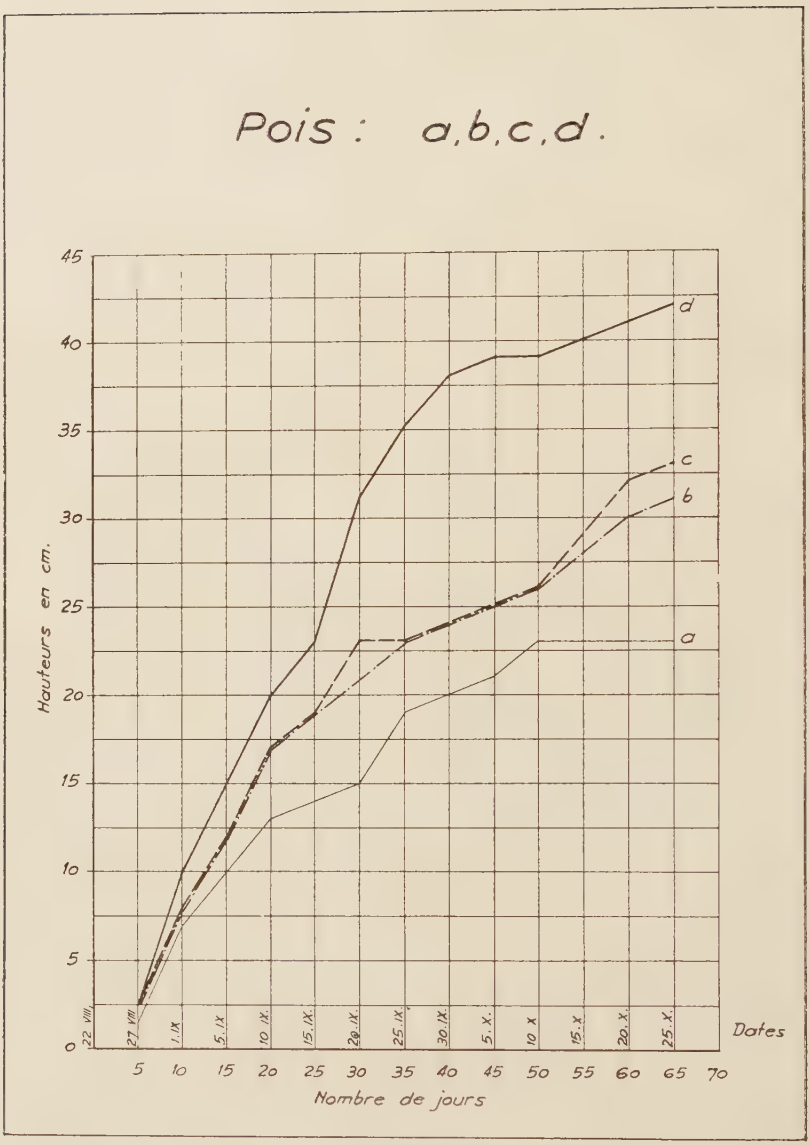
FIGURE 5

TABELLE 5

Mesures des feuilles (long. × larg.) et des gousses pendant la croissance en cm. Mesure des racines à la fin de la croissance

	Feuilles	Feuilles	Fruits	Feuilles	Feuilles	Fruits	Racine*
A	2 ×1,5	3,5×3	2	3,5×3	3,5×3	4	15
B	3 ×2	3,5×3	4	3,5×3	3,5×3	5	20
C	3 ×2	3,5×3	7,5	3,5×3	3,5×3	7,5	20
D	4,5×3,5	4,5×3,5	7,5	4,5×3,5	4,5×3,5	7,5	25
Dates	20.9.	30.9.	30.9.	10.10.	20.10.	20.10.	25.10.

* *Nodosités.* Plus nombreuses (2-3 fois plus) et plus grosses (3 fois plus) chez les plantes recevant de l'aneurine.


Pois : a,b,c,d.
Hauteurs en cm.
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
a
b
c
d
22 VIII
27 VIII
1. IX
5. IX
10 IX.
15. IX.
20. IX.
25. IX.
30. IX.
5. X.
10 X
15. X.
20. X.
25. X.
Dates
5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70
Nombre de jours

GRAPHIQUE 6

TABELLE 6

Pesées (au 25 octobre)

Pois A-B-C-D

	Poids en gr.			Rapports en %		
	a	b	c			
	Poids frais	Poids sec	Cendres	$\frac{100 \times b}{a}$	$\frac{100 \times c}{b}$	$\frac{100 \times c}{a}$
A	8,0	2,01	0,56	25,125	27,860	7,0
B	8,10	2,10	0,58	25,925	27,619	7,160
C	9,0	2,25	0,62	25,0	27,555	6,838
D	15,12	4,02	1,32	26,587	32,835	8,734

La germination fut avancée d'un jour sur les séries 1 et 2, B, C et D germèrent avec un jour d'avance sur A. La floraison (25 septembre) et la fructification (30 sept.) se firent avec 2 jours d'avance chez les pieds aneurinés. Le 10 octobre, premiers froids, A est inhibé dans sa croissance. La cueillette et les pesées ont été effectuées le 25 octobre. Les 4 pots ont reçus chacun 35 arrosages de 300 cm³.

Quatrième série

Nous donnons in-extenso le procès-verbal de l'expérience faite en solution nutritive de Knop (voir page 14).

Les graines, stérilisées selon le procédé indiqué précédemment, sont mises à germer dans des Erlenmeyer sur du coton stérile arrosé avec 50 cm³ de la sol. de Knop.

Erlenmeyer I (témoin) : arrosé avec 10 cm³ eau stérile

Erlenmeyer II : arrosé avec 10 cm³ sol. aneurinée à 1 /200.000.000

Erlenmeyer III : arrosé avec 10 cm³ sol. aneurinée à 1 /100.000.000

Erlenmeyer IV : arrosé avec 10 cm³ sol. aneurinée à 1 /10.000.000

Erlenmeyer V : arrosé avec 10 cm³ sol. aneurinée à 1 /1.000.000

Erlenmeyer VI : arrosé avec 10 cm³ sol. aneurinée à 1 /0,5.000.000

26.3.42. semé (à 1500)

Tableau des températures

	matin	*après-midi*	
26.3.42	15°	30°	
27.3.	15	30	
28.3.	12	25	
29.3.	13	25	
30.3.	12	25	le N° VI gonfle et va germer
31.3.	12	31	le N° VI germe
1.4.42	12	31	tous les pois germent N° VI. Racine 1,5 N° VI. Les tiges. sortent
2.4.	12	25	
3.4.	12	31	N° VI. Feuilles
4.4.	12	24	*deuxième arrosage*
5.4.	12	24	
6.4.	12	35	Les N°s VI, V, IV ont des tiges, pas les autres.
7.4.42	12	20	
8.4.	12	20	Tous les N°s ont des tiges
9.4.	12	13	
10.4.	12	13	
11.4.	12	12	
12.4.	15	30	
13.4.	15	35	*troisième arrosage*. Photo. (Voir fig. 7).

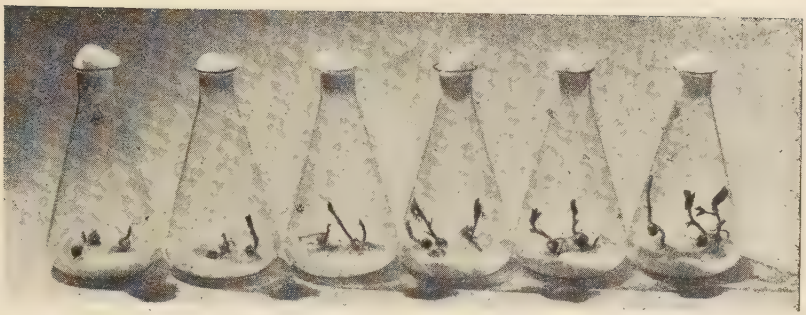


FIGURE 7

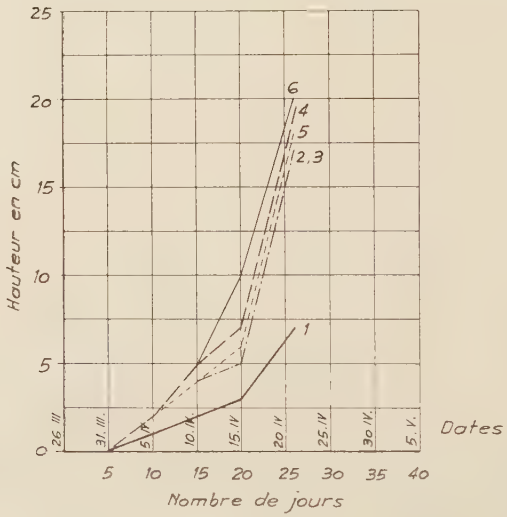
Mesures des racines et des tiges

	Racines	*Tiges*
I	3-5 cm (pas de racines adventives)	3 cm.
II	3-5 cm. (quelques racines adventives, pas de nodosités bactériennes)	5 cm.
III	3-6 cm. (beaucoup plus de racines adventives)	6 cm.
IV	6 cm. *idem*	7 cm.
V	6 cm. *idem*	7 cm.
VI	10 cm. *idem* (de 3 à 4 cm.)	7-10 cm.

	matin	*après-midi*	
15.4.	15°	25°	*quatrième arrosage*
20.4.	15	25	*cinquième arrosage*
26.4.	15	25	*sixième arrosage* photo (voir fig. 8)

FIGURE 8

Pois .



GRAPHIQUE 9

L'expérience a été arrêtée au moment où les plantes sortent des Erlenmeyer. (Voir fig. 9).

Remarques générales

De toutes les observations faites sur les pois, il ressort sans équivoque que l'adjonction d'aneurine stimule toujours la croissance.

Une question se pose, à savoir le secteur trophique le plus touché.

Les trois séries pour lesquelles des pesées ont été faites répondent assez catégoriquement : l'aneurine favorise le poids sec et tout spécialement la minéralisation, par rapport au poids total.

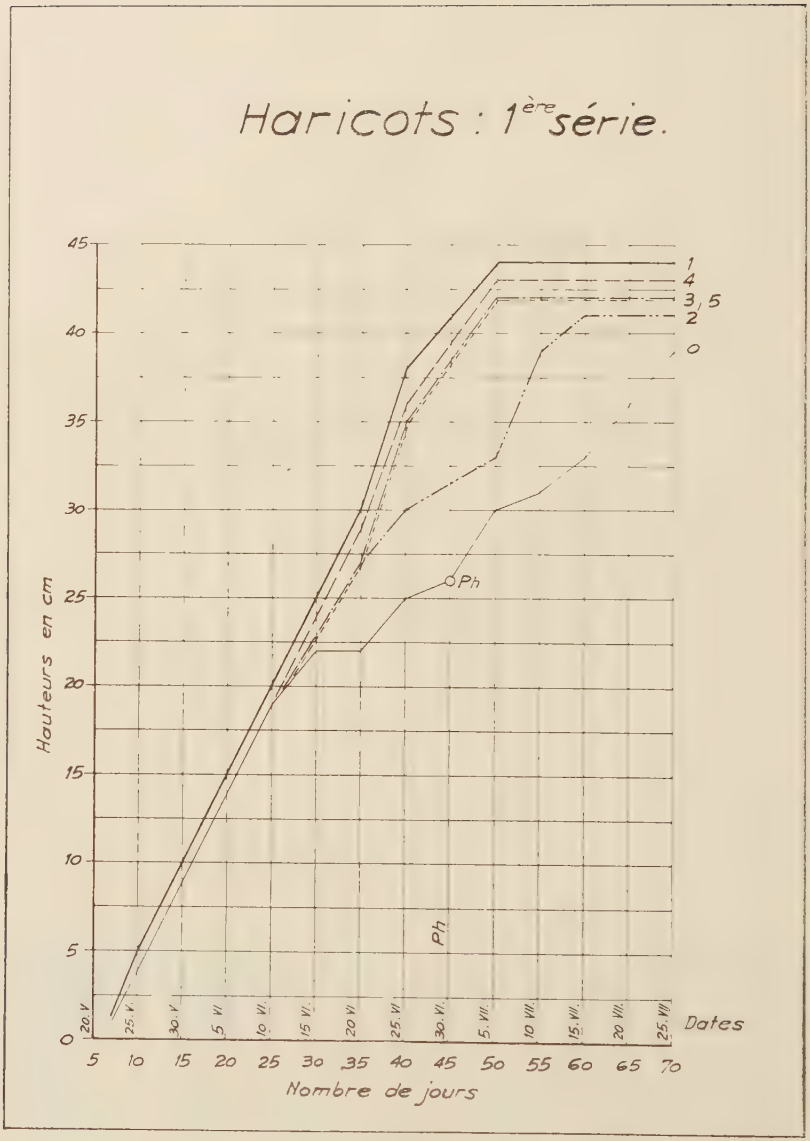
Comme toutefois le rapport poids sec : poids frais paraît assez constant avec les fortes solutions, il y aura lieu d'y revenir. (voir II. Expérience spécifique).

B. HARICOTS « EXTRA-HATIFS »

Première série

Semés le 15 mai 1941. Voir photo fig. 10, graphique fig. 11, tables 7 et 8.

FIGURE 10



GRAPHIQUE 11

TABELLE 7

Mesures des feuilles et des fruits pendant la croissance, en cm.

longueur et largeur

	Feuilles	Feuilles	Feuilles	Fruits	Feuilles	Fruits	Feuilles	Fruits
0	6×4	6×4	6×4	7,5	7,5×6	10	9×7	10
I	6×5	7×6	9×7	11	10 ×8	13	12×9	13
II	7×6	7×6	9×7	10	10 ×8	12	12×9	12,5-13
III	10×8	10×8	10×8	10	10,5×8,5	12	12×9	12,5-13
IV	10×8	10×8	10×8	10	10,5×8,5	12	12×9	12,5-13
V	10×8	10×8	10×8	11	11 ×8,5	13	12×9	13
Dates	20.VI.	25.VI.	30.VI.	30.VI.	10.VII.	10.VII.	20.VII.	20.VII.

	Longueur des racines en cm.		Poids des fruits en gr.
	30 mai	25 juillet	25 juillet
0	13	15	11-12
I	19	25	16
II	19	25	15-16
III	19	25	15
IV	19	25	16
V	22	25	16,5

TABELLE 8

Haricots. (Pesées au 25 juillet)

1re série

	Poids en gr.			Rapports en %		
	A	B	C			
1re série	Poids frais	Poids sec	Cendres	$\frac{100 \times B}{A}$	$\frac{100 \times C}{B}$	$\frac{100 \times C}{A}$
0	25,0	5,70	1,88	22,80	32,982	7,52
I	31,0	8,494	2,61	27,40	30,727	8,419
II	26,1	6,264	1,9	24,00	30,333	7,279
III	28,0	6,86	2,187	24,855	31,981	7,810
IV	28,05	6,90	2,190	24,598	31,739	7,807
V	30,6	8,265	2,5	27,009	30,248	8,169

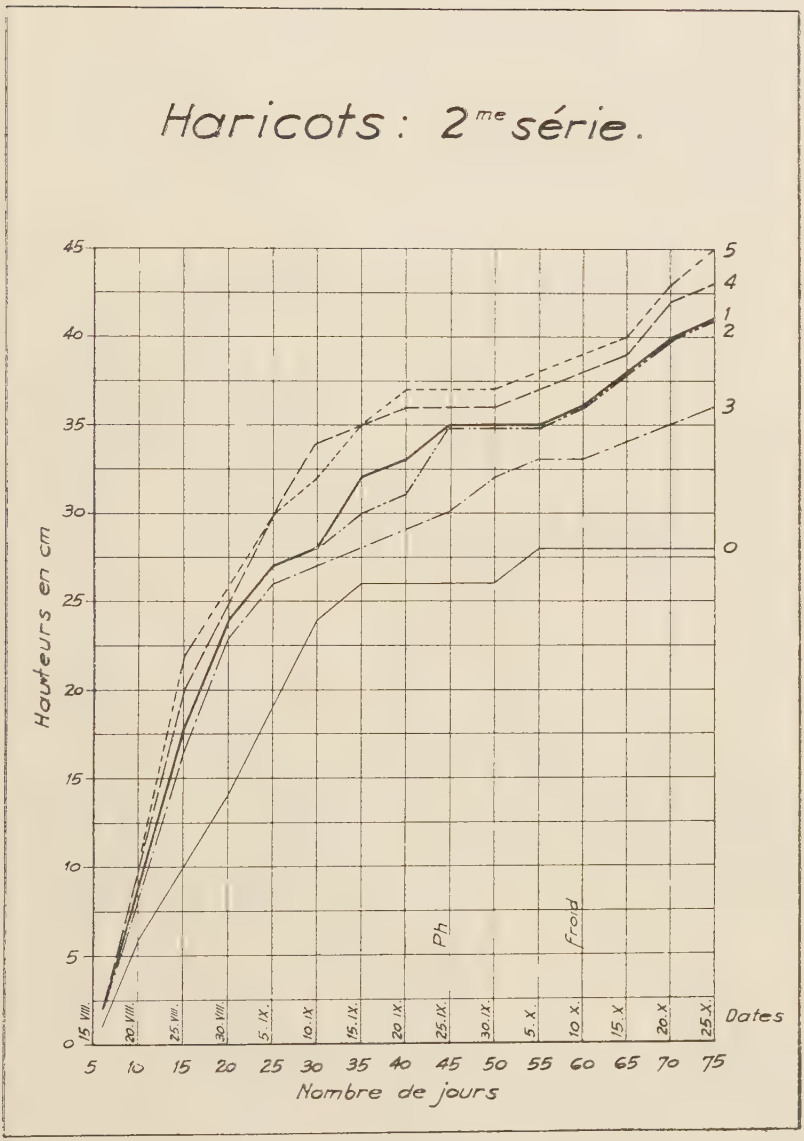
50 arrosages de 300 cm³. Dans l'ensemble, mêmes observations que chez les pois de la première série. Le témoin est en retard de 2 jours pour la floraison et de 3 jours pour la fructification.

Deuxième série

Semés le 10 août 1941. Voir photos fig. 12 et 13, graphique fig. 14, tabelles 9 et 10.

FIGURE 12

FIGURE 13



GRAPHIQUE 14

TABELLE 9

Mesures des feuilles et des gousses pendant la croissance, en cm.

Longueur et largeur

	Feuilles	Feuilles	Feuilles	Fruits	Feuilles	Fruits	Feuilles	Fruits
0	9×7	9×7	9×7	8	10×8	10	10×8	11
I	11×7	11×7	11×7	9	11×8	10	11×8	12-13
II	11×7	11×7	11×7	9	11×8	10	11×8	12-13
III	11×7	11×7	11×7	9	11×8	10	11×8	12-13
IV	11×7	11×7	11×7	9	11×8	10	11×8	12-13
V	11×7	11×7	11×7	9	11×8	10	11×8	12-13
Dates	20.9.	25.9.	30.9.	30.9.	10.10.	10.10.	20.10.	20.10.

	Longueur des racines en cm.		Poids des fruits en gr.	
	25 août	25 octobre		25 octobre
0	14	15	30 nodosités	12
I	15	19	50-60 nodosités	16
II	20	24	*idem*	16
III	20,5	24	*idem*	16
IV	21	25	*idem*	16
V	22	25	*idem*	16

TABELLE 10

Haricots. (Pesées au 25 octobre)

2me série

	Poids en gr.			Rapports en %		
	A	B	C			
	Poids frais	Poids sec	Cendres	$\frac{100 \cdot B}{A}$	$\frac{100 \times C}{B}$	$\frac{100 \times C}{A}$
0	23,00	5,33	1,61	23,173	30,206	7,0
I	24,0	5,85	1,63	24,375	27,863	6,791
II	26,0	5,62	1,62	21,615	28,825	6,23
III	26,0	5,45	1,61	20,961	29,541	6,192
IV	28,50	6,80	2,21	23,863	32,5	7,754
V	30,60	8,90	2,61	29,08	29,325	8,526

Troisième série

Semés dans les mêmes conditions que les pois troisième série (voir page 19). Voir photos fig. 15 et 16, graphiques fig. 17 tabelles 11 et 12. La germination est hâtée, la floraison aussi : le 21 juillet, D est en fleurs avec trois jours d'avance sur B et C, et 4 jours sur A. 35 arrosages à 300 cm^3.

FIGURE 15

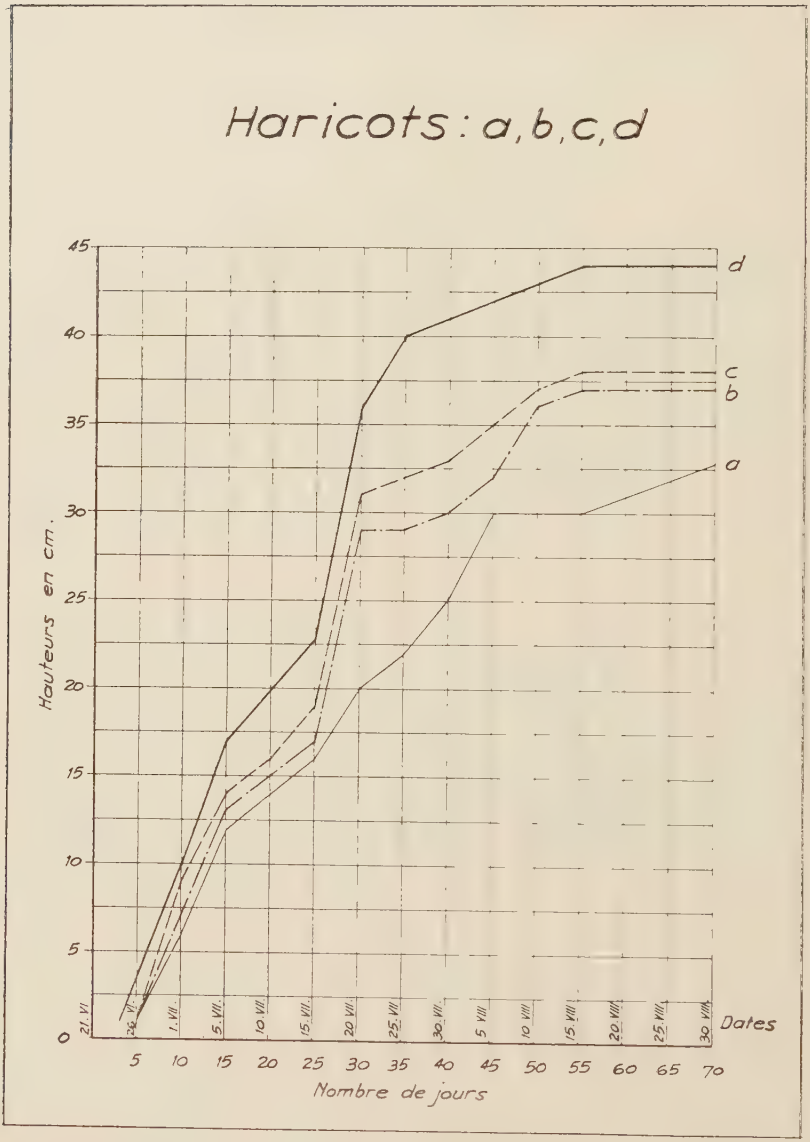
FIGURE 16

TABELLE 11

Mesures des feuilles, gousses, racines, à la fin de la croissance

	Racines *	Feuilles	Fruits
A	18	5 × 3	8-9
B	25	9 × 3,5	9
C	25	10 × 4	9
D	28	15 × 7	14

* *Nodosités.* Plus nombreuses (2-3 fois plus) et plus grosses (3 fois plus) chez les plantes recevant de l'aneurine.



GRAPHIQUE 17

TABELLE 12

Haricots A B C D

(Pesées au 30 août)

	Poids en gr. a	Poids en gr. b	Poids en gr. c	Rapports en % $\frac{100 \times b}{a}$	Rapports en % $\frac{100 \times c}{b}$	Rapports en % $\frac{100 \times c}{a}$
	Poids frais	Poids sec	Cendres			
A	35,0	6,4	1,21	18,385	18,906	3,45
B	41,0	7,8	1,36	19,024	17,435	3,32
C	45,0	7,0	1,27	15,555	18,142	2,822
D	55,0	8,8	1,80	16,0	20,454	3,272

Remarques générales

Comme pour les pois, la stimulation est nette sur tous les organes, l'aneurine paraît même mieux convenir aux haricots, l'aspect des plantes est nettement plus vigoureux. Ici le rapport cendres : poids frais ne présente plus l'augmentation constatée chez *Pisum* avec l'augmentation de la concentration d'aneurine.

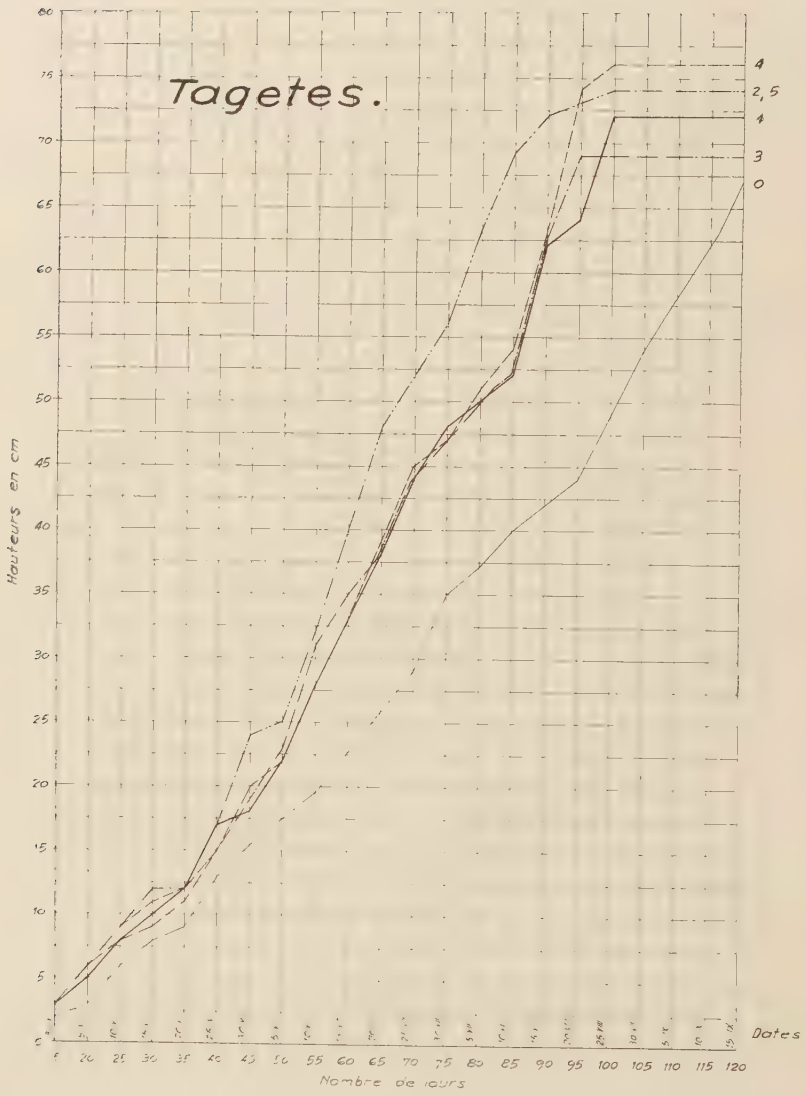
La variation individuelle joue sans doute un rôle fondamental dans ces oppositions.

C. TAGETES HAUTE ORANGE-BALLE

Semés le 15 mai 1941. Voir photo fig. 18, graphique fig. 19 et tabelle 13.

Les grandes chaleurs dès la mi-juin sont à l'avantage des plantes aneurinées ; les témoins les rattrapent à partir de septembre. Quant au décalage de la floraison, il est caractérisé comme suit : 10 août, V, IV et II en boutons ; 15 août, V, IV et II en fleurs, III en boutons ; 25 août, toutes en fleurs. sauf 0 qui n'est même pas en boutons. 15 septembre, 0 en boutons ; 25 septembre, 0 en fleurs avec un mois de retard.

100 arrosages à 300 cm^3.



GRAPHIQUE 19

FIGURE 18

A la cueillette, 25 septembre, les dimensions en cm. étaient:

	0	I	II	III	IV	V
Racines	30	45	45	45	45	45
Feuilles	11	11	11	11	12	13
Capitules	5,5	5,5	7	7	7	7

L'augmentation relative du poids sec et des cendres est remarquable. La minéralisation est poussée, surtout av. la conc. 1.200.000.000.

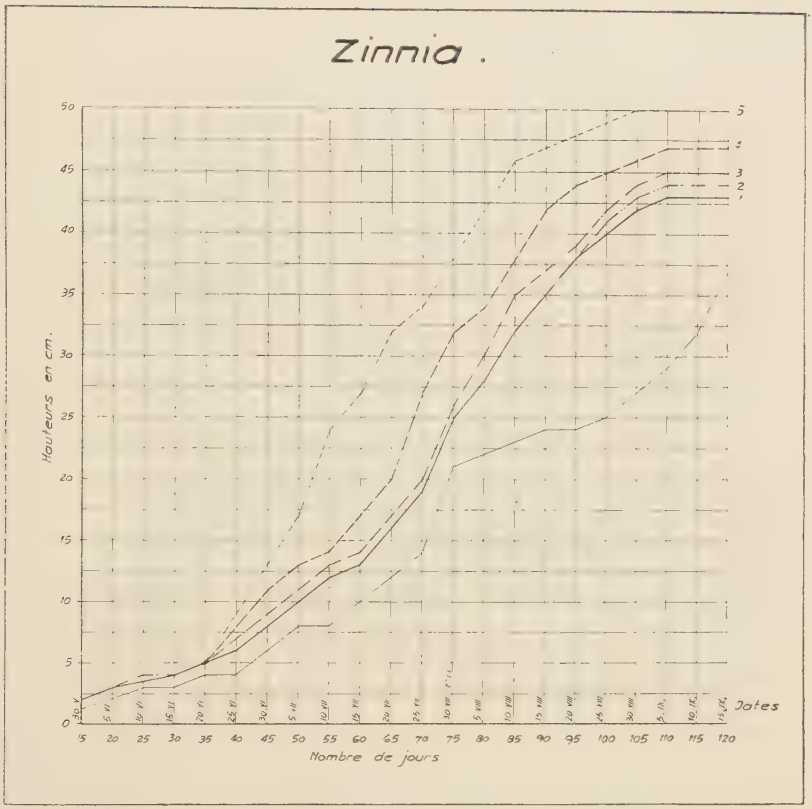
TABELLE 13
(Pesées au 25 septembre)

	Poids en gr.			Rapports en %		
	A	B	C			
	Poids frais	Poids sec.	Cendres	$\frac{100 \times B}{A}$	$\frac{100 \times C}{B}$	$\frac{100 \times C}{A}$
0	45,0	8,02	1,99	17,82	24,812	4,422
I	48,2	8,80	2,20	18,257	25,0	4,566
II	49,2	8,91	2,25	18,943	25,252	4,57
III	46,1	8,12	2,01	17,613	24,753	4,350
IV	50,05	10,33	3,72	20,639	36,011	7,432
V	49,03	9,54	2,95	19,457	30,932	6,016

D. ZINNIAS « GÉANT DE CALIFORNIE »

Semés le 15 mai 1941. Voir photo fig. 20, graphique fig. 21 et tabelle 14.

FIGURE 20



GRAPHIQUE 21

Les étapes de la floraison ont été : 15 juillet, premiers boutons chez V et IV ; 31 juillet, V et IV en fleurs, boutons chez les autres (Voir fig. 20) ; 15 août, III, II et I en fleurs ; 20 août 0 fleurit. A la cueillette (25 septembre), il a été opéré les mensurations suivantes en cm. :

	0	I	II	III	IV	V
Racines	17	19	24	25	25	25
			(plus fournies)			
Feuilles	8	8-9	8-8	8-8	8-9	8-9
Capitules	7-8	10	10	10	10	10

Chaque pot avait reçu 100 arrosages de 200 cm^3.

TABELLE 14
(Pesées au 25 septembre)

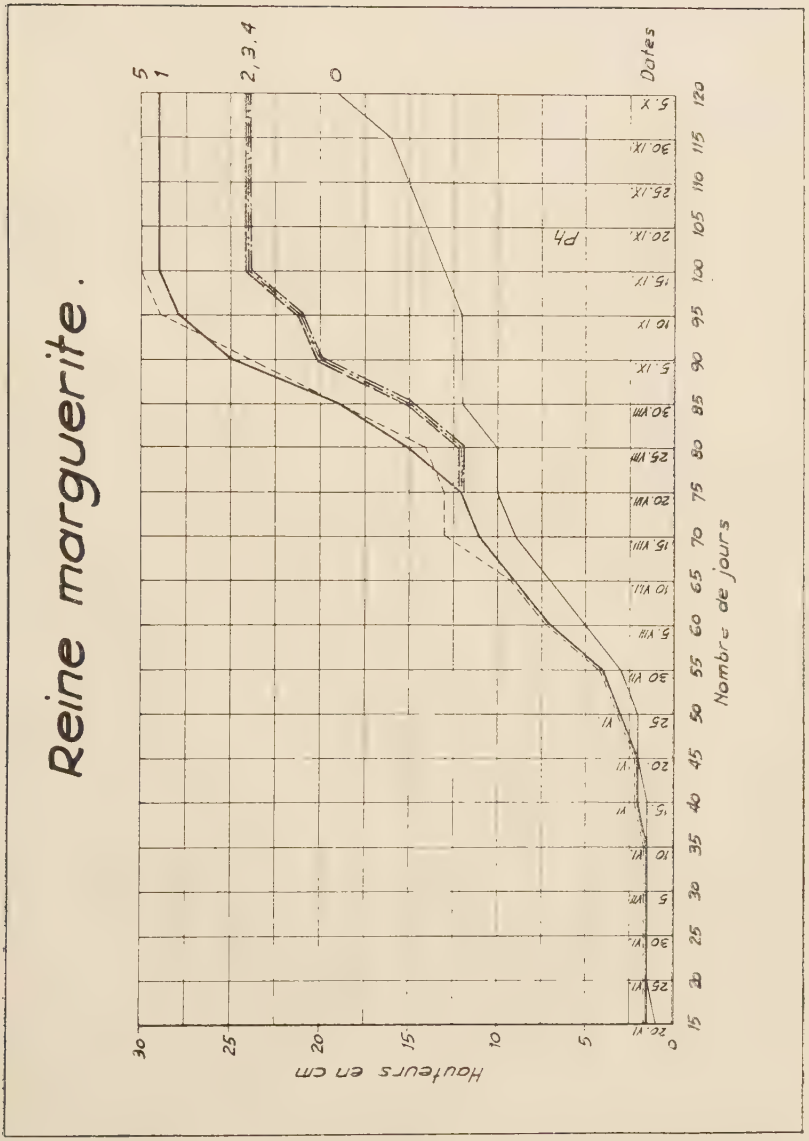
	Poids en gr.			Rapport en %		
	A	B	C			
	Poids frais	Poids sec	Cendres	$\frac{100 \times B}{A}$	$\frac{100 \times C}{B}$	$\frac{100 \times C}{A}$
0	16,0	3,81	0,98	23,812	25,721	6,125
I	16,20	3,91	0,992	24,135	25,370	6,124
II	16,40	4,00	1,010	24,390	25,25	6,158
III	17,0	4.21	1,12	24,705	26,603	6,588
IV	18,0	4,34	1,19	24,111	27,419	6,611
V	19,1	4,59	1,295	24,031	28,213	6,780

La stimulation de la minéralisation est moins apparente que chez les tagètes ; son optimun est atteint avec la solution la plus concentrée.

E. REINES-MARGUERITES « DEMI-NAINES HERCULE »

Semées le 5 juin, germées le 14 juin. Voir photo fig. 22, graphique fig. 23 et tabelle 15.

FIGURE 22



GRAPHIQUE 23

Voici les étapes de la floraison : le 1er septembre, tous les plants, sauf 0, sont en boutons ; le 19 septembre, tous sont en fleurs, sauf 0 en boutons ; le 5 octobre, 0 fleurit.

A la cueillette, 5 octobre, il a été mesuré en cm. :

	0	I	II	III	IV	V
Racines	14	18	18	18	18	18
Feuilles	$2 \times 3,5$	$2,5 \times 3,5$	((	$2,5 \times 4$		))
Capitules	(		-6-			)

Il fut fait 100 arrosages de 200 cm^3.

TABELLE 15

Pesées au 5 octobre

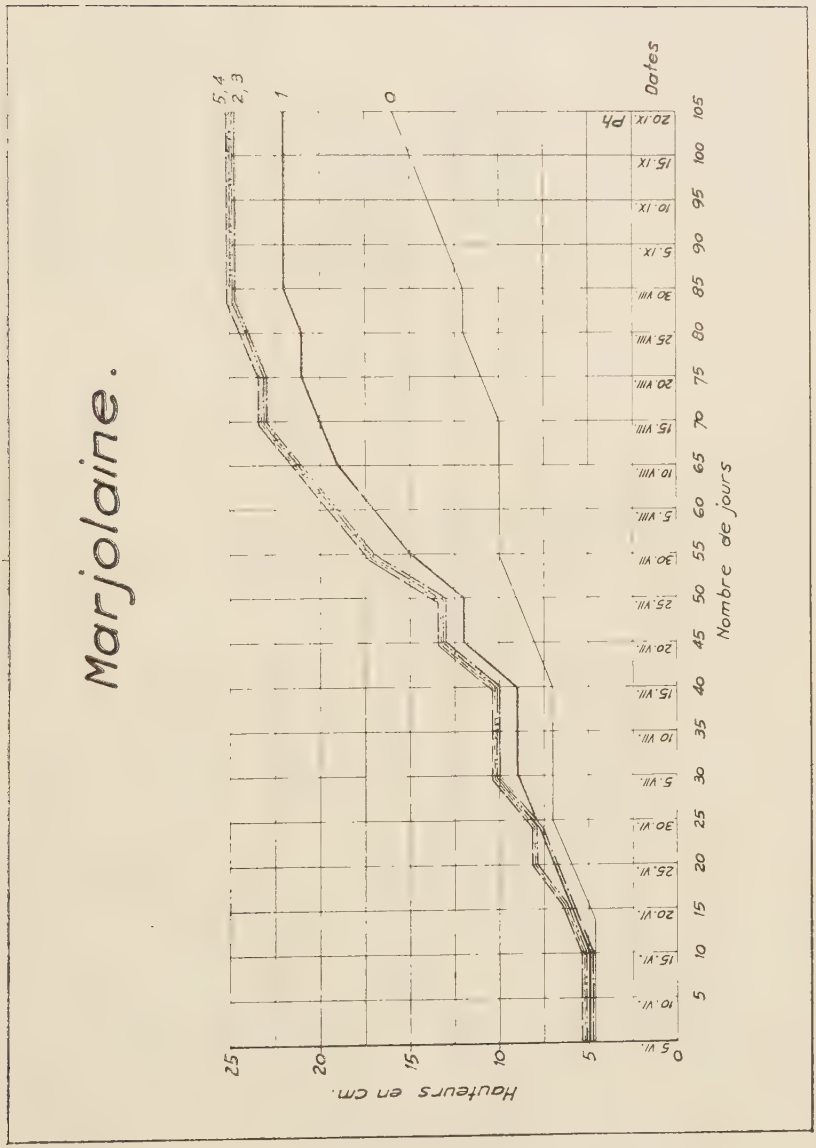
	Poids en gr.			Rapports en %		
	A	B	C			
	Poids frais	Poids sec	Cendres	$\frac{100 \times B}{A}$	$\frac{100 \times C}{B}$	$\frac{100 \times C}{A}$
0	7,0	1,50	0,34	21,428	22,666	4,857
I	9,50	2,50	0,52	26,315	20,80	5,473
II	7,50	1,65	0,37	22,0	22,424	4,933
III	7,51	1,67	0,375	22,237	22,455	4,993
IV	7,55	1,70	0,385	22,516	22,647	5,099
V	9,60	2,60	0,53	27,083	20,384	5,520

La minéralisation, quoique influencée, n'offre pas de gradation déterminée, surtout par rapport au poids sec.

F. MARJOLAINE VIVACE

Bouturée le 5 juin 1941 ; voir photo fig. 24, graphique fig. 25 et tabelle 16.

La floraison de tous les plants, sauf 0, a commencé le 15 juillet ; 0 a fleuri le 25 juillet.



GRAPHIQUE 25

FIGURE 24

A la cueillette, 25 septembre, il a été mesuré en cm. :

	O	I	II	III	IV	V
Racines	7 (-12-13, beaucoup plus fournies—)					
Feuilles réduites	(—1, 2 × 1, 0 ; abondantes———)					

90 arrosages à 200 cm^3.

TABELLE 16
(Pesées au 20 septembre)

	Poids en gr.			Rapports en %		
	A	B	C			
	Poids frais	Poids sec	Cendres	$\frac{100 \times B}{A}$	$\frac{100 \times C}{B}$	$\frac{100 \times C}{A}$
0	0,82	0,40	0,195	48,780	48,75	23,780
I	1,30	0,65	0,35	50,0	53,846	26,923
II	1,20	0,60	0,30	50,0	50,0	25,0
III	1,70	0,85	0,44	50,0	51,764	25,882
IV	1,71	0,86	0,46	50,292	53,488	26,800
V	1,72	1,20	0,72	69,767	60,0	41,860

La minéralisation est remarquablement stimulée par l'aneurine, puisque les cendres font jusqu'à 60% du poids sec, celui-ci atteignant presque 70% du poids frais.

II. EXPÉRIENCE SPÉCIFIQUE AVEC DES POIS « NAIN-MONOPOLE »

A. TECHNIQUE

Les résultats, à indications généralement fort nettes, obtenus lors des essais préliminaires demandaient à être éclaircis et précisés par de nouvelles expériences, propres, dans la mesure du possible, à éliminer toutes causes d'erreur.

Mes expériences ont été faites avec des pois *Nain-Monopole*.

Les graines en ont été sélectionnées par M. Ulrich, horticulteur, de la Maison Francfort et Ulrich, horticulteurs à Grandson et Yverdon, de la manière suivante :

1° Des graines furent semées en 1941 par M. Ulrich à Grandson. Il prit soin de ne semer aucune autre espèce de graine de pois dans un pourtour de 50 mètres.

2° Des gousses du même pied furent prélevées, et

3° leurs graines semées en 1942.

4° Des gousses furent à nouveau prélevées de deux pieds, de même apparence, et leurs graines employées pour mes expériences. Il m'a été impossible d'obtenir un meilleur matériel. Je me suis adressé à l'Institut de Wædenswyl, et à la Station d'essais de Mont-Calme s/Lausanne. Ces deux Instituts n'avaient pas de graines sélectionnées de pois-nain. L'Institut de Wædenswyl a eu la gentillesse de m'envoyer des graines sélectionnées de haricots, de lignées pure, — mais il s'agissait de haricots géants, qu'on n'aurait pu songer à cultiver en pots et en serre.

J'ai pesé chaque graine, et mis à germer une seule graine par pot. J'ai expérimenté avec 7 graines par série, c'est-à-dire mis à germer dans des pots N^{os} 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, une graine par pot, arrosé de la manière suivante :

Les 7 pots Série N° 1 (Témoins)
avec de l'eau de pluie recueillie dans un bassin.

Les 7 pots Série N° II
Avec une sol. aneurinée 1 /200.000.000
Les 7 pots Série N° III
avec une sol. aneurinée 1 /100.000.000
Les 7 pots Série N° IV
avec une sol. aneurinée 1 /50.000.000
Les 7 pots Série N° V
avec une sol. aneurinée 1 /10.000.000
Les 7 pots Série N° VI
avec une sol. aneurinée 1 /5.000.000
Les 7 pots Série N° VII
avec une sol. aneurinée 1 /1.000.000

Les solutions aneurinées ont été préparées à partir d'aneurine pure, en poudre, mises très aimablement à ma disposition par la Maison Hoffmann-La Roche, à Bâle. J'éliminais ainsi une cause d'erreur pouvant provenir de l'excipient des tablettes d'aneurine à 1 mg employées lors des premiers essais.

L'action de cet excipient sur la croissance des plantes est vraisemblablement de peu d'importance, d'après les renseignements qui m'ont été donnés par le Dr H. Guyot, de la Maison F. Hoffmann-La Roche.

La terre employée fut stérilisée et triturée avant d'être mise en pots. J'ai pesé exactement 500 gr. de terre par pot. Tous les pots étaient de même grandeur et de même contenance, mais j'ai cependant pesé la même quantité de terre, exactement, pour chaque pot.

J'ai déterminé le pH de cette terre. Pour cette recherche j'ai employé les *Papiers indicateurs Lyphan* de la Maison Medicina S. A., Vaduz, garantis par l'Institut de pédologie de l'E. P. F., à Zurich.

pH = 7,0

J'avais ainsi 7 séries de 7 pots chacune, avec une graine par pot. Ces pots ont été placés par série, dans des caisses dont la hauteur n'atteignait pas le haut du pot, et chacune de ces caisses mise l'une à côté de l'autre, préservées de la pluie par un châssis supportant de grandes vitres. J'ai pris grand soin

qu'aucune ombre ne fût portée sur un pot quelconque de ma collection. Mon dispositif a été fabriqué de façon que les mêmes conditions de lumière, de température, d'humidité fussent requises pour tous les pots. Par temps incertain et naturellement par temps pluvieux, les vitres restaient sur les châssis et protégeaient les plantes. Ces vitres étaient d'assez grande envergure pour préserver de la pluie chassée par le vent toutes les plantes. Par beau temps j'enlevais les vitres et laissais les plantes au soleil.

Mes expériences ont commencé le 5.7.43.

J'ai arrosé chaque jour à 19 heures chaque pot avec exactement 100 cm^3 d'eau ou 100 cm^3 de solution aneurinée.

B. PROCÈS-VERBAL DES OBSERVATIONS :

5.VII.43. Semé. Temp. jour 20-30°, nuit 15-20°.

10.VII.43. Germination. Les pois arrosés avec la sol. aneurinée à 1/1.000.000 (la plus concentrée) germent avec un jour d'avance.
Dès le début de la croissance, les plantes recevant le plus d'aneurine dépassent les autres. Les tiges sont plus grosses, les feuilles plus grandes. La plante est plus vigoureuse.

30.VII.43. Pois en fleurs. Les pois arrosés avec la sol. aneurinée à 1/1.000.000 fleurissent 2 jours avant les autres.

1.VIII.43. Dès le 1er août grandes chaleurs (le thermomètre monte jusqu'à 37° à l'ombre). Les témoins souffrent du chaud, — continuent à croître, mais les feuilles de la base de la plante sont littéralement brûlées. Témoin N° 7 est mort. Les autres feuilles perdent peu à peu leur couleur verte, passent du vert au vert-jaunâtre, tandis que les feuilles des plantes arrosées avec des sol. aneurinées restent vertes.

5.VII.43. Premiers pois de la série VII.

6.VII.43. Premiers pois de toutes les autres séries.
Les gousses des plantes recevant de l'aneurine sont plus grandes. A maturité les gousses des pois témoins mesurent 5 cm de long ; tous les autres 6 à 6,5 cm.
Les poids aussi varient en faveur des plantes recevant de l'aneurine :

Moyennes :

Témoin	II	III	IV	V	VI	VII
2 gr.	2,95	3.00	3.00	3.00	3.05	3.05

Les gousses des témoins ne contiennent que 2 ou 3 graines (0,55 gr.). Toutes les autres 3 ou 4 (pesant en moyenne 0,60 gr.).

31.VIII.43. Cueillette, mesures et pesées.

Mesures des racines

Témoins	: 15, 15, 16, 15, 16, 16, cm	25-30 nodosités bact.	0,5 mm
Série II	: 25, 24, 24, 24, 25, 25, 25 cm		
Série III	: 24, 25, 25, 26, 25, 24, 25 cm	50-60 nodosités bact.	0,8-1,2 mm
Série IV	: 26, 26, 26, 25, 25, 25, 25 cm		
Série V	: 26, 26, 26, 26, 25, 25, 25 cm		
Série VI	: 26, 26, 25, 27, 26, 25, 25 cm	75-90 nodosités bact.	1,5 mm
Série VII	: 30, 26, 32, 32, 32, 31, 31 cm		

I	=	Témoins	
II	=	Pois arrosés avec une sol. aneurinée	1 /200.000.000
III	=	» » » » » »	1 /100.000.000
IV	=	» » » » » »	1 / 50.000.000
V	=	» » » » » »	1 / 10.000.000
VI	=	» » » » » »	1 / 5.000.000
VII	=	» » » » » »	1 / 1.000.000

TABELLE 17

Hauteur en cm à différentes dates

Dates	Poids des graines en gr.	10.VI.	15.VII.	20.VII.	25.VII.	30.VII.	5.VIII.	10.VIII.	15.VIII.	20.VIII.	25.VIII.	30.VIII.
I	0,37		1 -1- 1	3 -3- 3	6 -6- 6	8 -8- 8	10 -10- 10	15 -14- 13	18 -17- 16	22 -21- 20	25 -24- 23	28 -28- 28
II	0,37		2 -2- 2	6 -6- 6	10 -10- 10	12 -12- 12	17 -16- 15	22 21-- 20	26 -25- 24	32 -31- 30	35 -34- 32	35 -35- 35
III	0,37		2 -2- 2	7 -7- 7	12 -11- 10	15 -14- 12	19 -18- 17	23 -22- 20	27 -26- 24	32 -31- 30	35 -34- 33	36 -35- 34
IV	0,37		2 -2- 2	7 -7- 7	10 -10- 10	14 -14- 14	19 -18- 17	23 -22- 21	26 -26- 26	31 -31- 31	35 -34- 32	36 -35- 34
V	0,365		2 -2- 2	7 -7- 7	12 -11- 10	15 -14- 13	19 -18- 17	23 -22- 21	27 -26- 25	32 -31- 30	36 -35- 32	36 -35- 34
VI	0,36		2,5 -2,5- 2,5	8 -8- 8	12 -12- 12	16 -16- 16	20 -20- 20	25 -24- 23	29 -28- 27	34 -33- 32	36 -35- 33	36 -36- 36
VII	0,36		3 -3- 3	10 -10- 10	15 -15- 15	20 -20- 20	25 -25- 25	30 -30- 30	36 -35- 34	39 -38- 37	42 -41- 40	44 -43- 42
jours		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55

Dans chaque case, le nombre supérieur indique la hauteur maximum.

Dans chaque case le nombre supérieur indique la hauteur moyenne.

Dans chaque case le nombre inférieur indique la hauteur minimum.

Les courbes de croissance sont faites d'après les indications fournies par les nombres moyens (v. fig. 26, graphique).

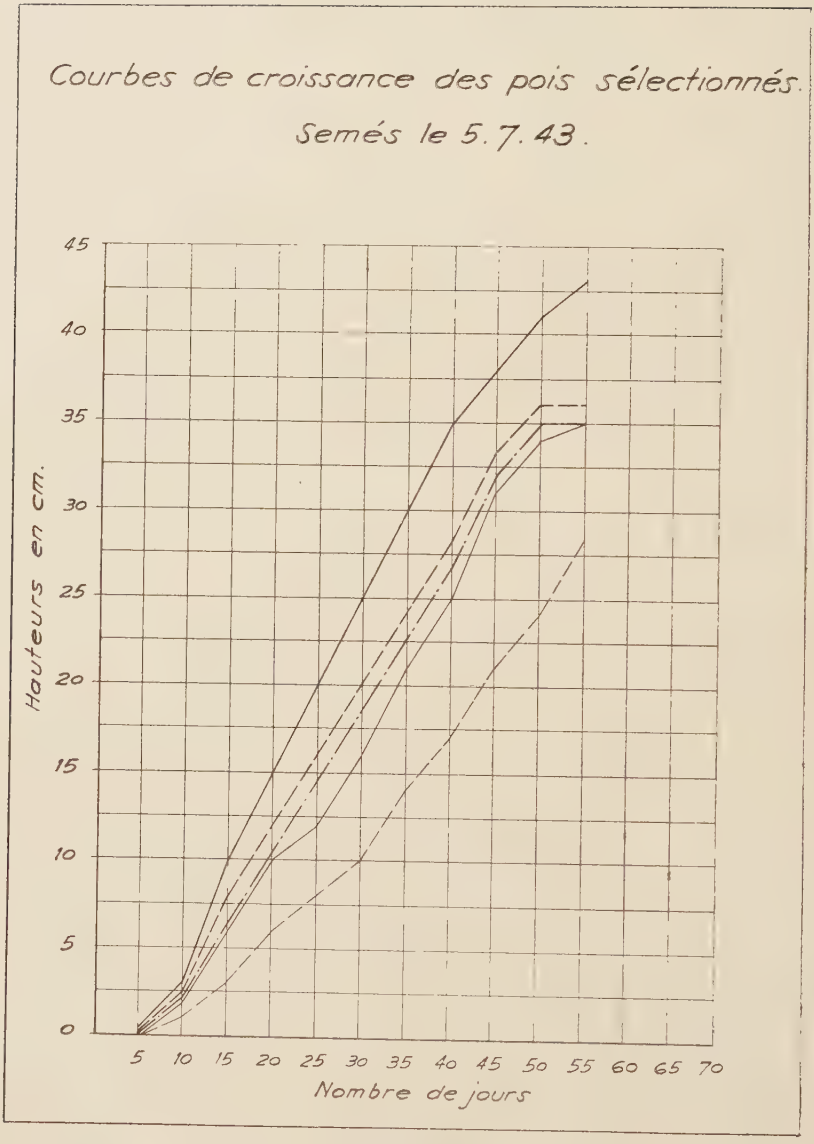

Courbes de croissance des pois sélectionnés.
Semés le 5.7.43.
Hauteurs en cm.
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70
Nombre de jours

FIGURE 26

C. LES DIMENSIONS

Comme lors des essais préliminaires, nous pouvons immédiatement faire la remarque que la croissance, dès la germination est fortement stimulée par l'aneurine.

Toutes les plantes ayant reçu de l'aneurine sont plus grandes que les témoins.

J'ai voulu savoir pour quelles raisons l'aneurine augmentait la taille des plantes, — plus particulièrement si l'action de l'aneurine se porte essentiellement sur la multiplication cellulaire (prolifération), ou sur l'augmentation de volume des cellules, ou encore sur les deux phénomènes à la fois.

A cet effet, j'ai choisi l'étude des stomates et la densité de la vascularisation, mesurés sur des folioles semblables. Les folioles examinés spécialement ont toutes une forme plus ou moins elliptique ; par conséquent, pour le calcul de leur surface, j'ai appliqué la formule

$S = \pi ab$

où $a = \frac{1}{2}$ longueur

$b = \frac{1}{2}$ largeur max.

1. Les stomates

Pour établir une comparaison plus ou moins mathématique entre les dimensions cellulaires des individus étudiés, j'ai choisi les stomates. Les cellules stomatiques sont faciles à observer et à compter ; toutes les expériences faites démontrent que leurs dimensions respectives sont, dans un rapport constant avec celles des cellules épidermiques. Ce n'est du reste qu'un cas spécial de la règle de la dépendance intercellulaire.

Les folioles étudiées ont été traitées comme suit :

1° Décoloration totale à l'Eau de Javel.
2° Lavage à l'eau distillée.
3° Acidification à l'acide acétique.
4° Lavage.

5° Imprégnation à l'alcool à 90°.
6° Coloration à la fuchsine alcoolique.
7° Lavage à l'eau distillée.
8° Examen.

Les cellules épidermiques sont du type *feuille de chêne*, à contours très sinués ; les stomates ressortent clairement grâce à la coloration de leurs lisières internes cutinisées. Leur dénombrement et leur mensuration ont été faits à un grossissement de 450 et dans un champ oculaire de $^1/_{20}$ mm^2.

Sur chaque face une quinzaine de pointages ont été exécutés, en divers points de la foliole, afin d'obtenir une moyenne valable. Le nombre total moyen de chaque série a été arrondi à 5000 près ce qui donne, avec une approximation suffisante (2 à 5%) une idée assez nette de l'ordre de grandeur.

La répartition des stomates, sur chacune des faces, est toujours identique : peu à la base, fortement innervée, puis davantage à mesure qu'augmentent les surfaces parenchymateuses. Le sommet de la foliole est pourvu d'une petite gargouille, longue de 0,5 à 1 mm, fonctionnant comme hydatode (stomate aquifère) pour la guttation. Cette pointe porte latéralement de petits stomates dont les moindres mesuraient 12×12 μ. A la base de la pointe ils sont plus grands et atteignent peu à peu les dimensions habituelles.

Les tabelles annexes (N^{os} 18 et 19) démontrent que ces cellules évoluent en moyenne entre 22×15 et 31×21 μ. Le plus grand stomate observé se trouvait à la face supérieure du N° 6, de la Série 1 : 10^6 ; il mesurait 37×23 μ.

Toutes les feuilles examinées étaient amphistomatiques, c'est-à-dire possédaient des stomates sur les deux faces. De façon plus précise, elles sont isoamphistomatiques, car la différence entre les nombres observés sur les deux faces ne varie pas au-delà du rapport 3 : 2. Presque toujours il y en a davantage à la face inférieure (voir tabelles). Toutes les folioles examinées possédaient quelques stomates jumeaux adjacents par n'importe laquelle de leurs faces.

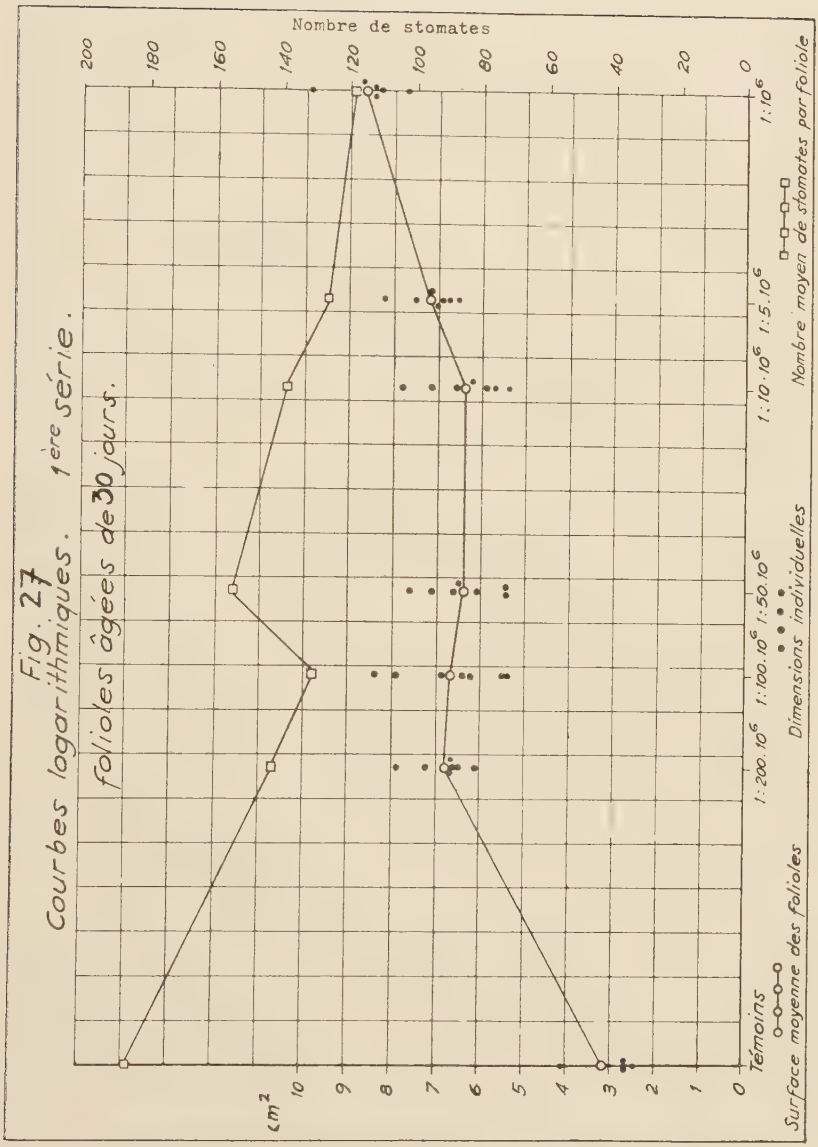


Fig. 27
Courbes logarithmiques. 1ère série.
folioles âgées de 30 jours.
Nombre de stomates
cm²
Témoins
Surface moyenne des folioles
1:200.10⁶
1:100.10⁶
1:50.10⁶
1:10.10⁶
1:5.10⁶
1:10⁶
Dimensions individuelles
Nombre moyen de stomates par foliole

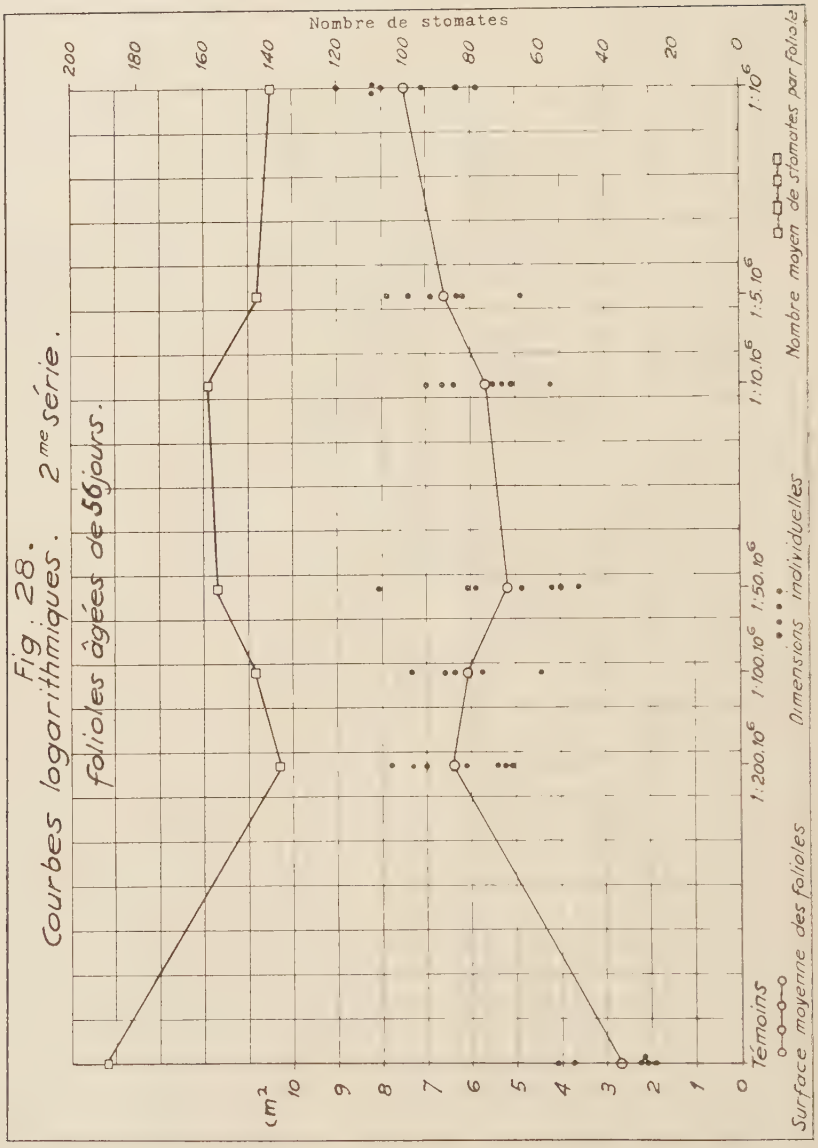


Fig. 28.
Courbes logarithmiques. 2me série.
Folioles âgées de 56 jours.
Nombre de stomates
(m²)
Témoins
1:200.10⁶
1:100.10⁶
1:50.10⁶
1:20.10⁶
1:10.10⁶
1:5.10⁶
1:10⁶
Surface moyenne des folioles
Dimensions individuelles
Nombre moyen de stomates par foliole

Les graphiques 27 et 28 donnent en courbes logarithmiques d'une part les surfaces moyennes des feuilles par série, d'autre part le nombre moyen des stomates par série. On constate particulièrement sur la figure 28 la symétrie de ces courbes.

Si j'ai choisi des points logarithmiques, c'est tout d'abord que n'importe quelle concentration d'aneurine est plus concentrée que l'eau distillée, et secondement que l'écart arithmétique des points indiquants les concentrations eussent été trop éloignés les uns des autres. J'ai donc posé 1 : $200.10^6 = 40$ pour avoir le log. 1. Par comparaison j'ai obtenu $1:100.10^6=20$ $1:10.10^6=40$; $1:10.10^6=200$; $1:5.10=400$; $1:10^6=2000$. A partir du témoin 0 j'obtenais les abcisses respectives 1 ; 1,3 (0103) ; 1,6 (0206) ; 2,3 (0103) ; 2,6 (0206) et 3,3 (0103).

TABELLE 18

Folioles âgées de 30 jours (1re série)

Séries et N°	Dimensions		Stomates					
			Face inférieure		Face supérieure			
	Longueur 2a Largeur 2b en cm	Surface ab en cm2	Nombre par mm2	Dimens. en μ	Nombre par mm2	Dimens. en μ	Nombre moyen par mm2	Nombre total sur les 2 faces
I. Témoins 6 5 4 3 2 1	2,3 × 1,5	2,71	205	29 × 20	150	26 × 21	178	96205
	2,3 × 1,5	2,71	200	27 × 23	185	23 × 19	193	104335
	2,2 × 1,5	2,59	290	27 × 16	210	23 × 15	250	129500
	2,5 × 1,4	2,75	250	28 × 19	128	28 × 20	189	103950
	2,7 × 2,0	4,24	160	27 × 21	145	25 × 21	158	129320
	2,8 × 1,9 N° 7 brûlé	4,18	175	27 × 19	115	25 × 19	145	121220
	———	3,20	213	=58%	156	=42%	185	115000
II. : 200.10^6 7 6 5 4 3 2 1	3,5 × 2,4	6,70	175	29 × 17	115	29 × 17	145	194300
	3,8 × 2,5	7,26	145	31 × 21	125	27 × 21	135	196020
	3,4 × 2,5	6,67	180	31 × 21	160	30 × 21	170	226780
	3,6 × 2,8	7,91	155	23 × 16	115	23 × 16	135	213570
	3,3 × 2,5	6,54	170	29 × 18	165	29 × 21	168	219544
	3,5 × 2,4	6,70	115	31 × 18	115	31 × 18	115	154100
	3,4 × 2,3	6,14	135	31 × 16	115	31 × 16	125	153500
	———	6,85	154	=54%	130	=46%	142	195000

III. 1 : 100.10⁶	7 6 5 4 3 2 1	3,5 \ 2,0	5,50	145	31 × 18	100	29 × 18	123	135300
		3,8 \ 2,4	6,85	155	29 \ 18	140	29 × 18	148	202760
		3,5 \ 2,3	6,41	155	29 × 18	100	27 \ 18	128	164096
		3,0 \ 2,3	5,42	150	30 \ 18	110	29 × 18	130	140920
		3,2 \ 2,5	6,28	155	25 × 18	100	29 × 17	128	160768
		4,0 \ 2,7	8,48	125	28 \ 18	120	27 × 18	123	210608
		3,9 \ 2,6	7,96	135	28 \ 18	115	25 × 18	125	199000
		———	6,70	147	= 57 %	112	= 43 %	130	190000
IV. 1 : 50.10⁶	7 6 5 4 3 2 1	3,9 \ 2,5	7,65	160	28 \ 16	160	27 × 16	160	224800
		3,5 \ 2,4	6,60	155	29 \ 18	145	26 × 18	150	198000
		3,7 \ 2,5	7,16	150	30 \ 19	150	29 × 18	150	214800
		3,4 \ 2,3	6,14	120	29 \ 19	120	26 × 18	120	147360
		3,6 \ 2,3	6,50	130	30 \ 17	115	27 × 18	133	172250
		3,3 \ 2,1	5,44	220	28 × 16	155	24 × 16	188	203000
		3,3 \ 2,1	5,44	200	28 \ 16	180	25 × 16	190	206720
		———	6,42	165	= 53 %	145	= 47 %	155	200000
V. 1 : 10.10⁶	7 6 5 4 3 2 1	3,7 \ 2,2	6,39	170	27 \ 18	135	27 \ 18	153	195534
		4,0 \ 2,5	7,85	150	31 \ 18	140	27 \ 17	145	227650
		3,7 \ 2,5	7,17	170	30 \ 18	135	28 × 18	153	221402
		3,2 \ 2,3	5,78	130	29 \ 17	90	27 × 16	110	127160
		3,3 \ 2,1	5,44	135	29 \ 17	90	29 × 16	113	122944
		3,6 \ 2,3	6,50	155	30 \ 20	140	27 × 16	148	186400
		3,4 \ 2,2	5,88	160	29 \ 16	140	25 × 16	150	176400
		———	6,43	153	= 55 %	124	= 45 %	139	180000
VI. 1 : 5.10⁶	7 6 5 4 3 2 1	3,5 \ 2,4	6,60	165	29 \ 16	95	29 \ 18	130	171600
		3,7 \ 2,5	7,16	130	29 \ 20	90	27 \ 16	110	157520
		3,6 \ 2,5	7,07	165	28 \ 16	95	26 \ 16	130	183820
		3,6 \ 2,4	6,78	155	29 \ 18	100	26 \ 16	128	173568
		3,9 \ 2,7	8,27	140	29 \ 17	135	25 \ 16	138	228252
		3,8 \ 2,4	6,86	140	31 \ 18	120	26 \ 16	130	178360
		3,8 \ 2,3	7,56	135	31 \ 20	100	27 \ 18	118	178416
		———	7,20	149	= 59 %	105	= 41 %	127	180000
VII. 1 : 10⁶	7 6 5 4 3 2 1	4,0 \ 2,8	8,79	125	30 \ 17	100	25 \ 16	113	198654
		4,1 \ 3,1	9,98	125	29 \ 18	120	29 \ 17	123	245508
		3,8 \ 2,8	8,35	150	32 \ 20	115	29 \ 18	133	222110
		3,8 \ 3,005	9,10	125	30 \ 18	90	26 \ 18	110	186560
		4,0 \ 2,7	8,48	115	31 \ 20	105	28 \ 18	110	186560
		4,0 \ 2,7	8,48	125	29 \ 18	110	27 \ 18	118	199928
		3,8 \ 2,6	7,77	130	29 \ 18	110	27 \ 18	120	196480
		———	8,71	128	= 54 %	107	= 46 %	118	205000

TABELLE 19

Folioles âgées de 56 jours (2me série)

Séries et N°	pH de la terre	Dimensions		Stomates					
				Face inférieure		Face supérieure		Nombre moyen par mm2	Nombre total sur les 2 faces
		Longueur 2a Largeur 2b en cm	Surface ab en cm2	Nombre par mm2	Dimens. en μ	Nombre par mm2	Dimens. en μ		
I. Témoins 6 5 4 3 2 1	7,1	2,3 × 1,2	2,17	195	28 × 14	120	25 × 16	158	68355
	7,0	2,3 × 1,3	2,35	165	28 × 16	115	23 × 17	140	65800
	7,1	2,8 × 1,7	3,74	195	25 × 15	155	23 × 15	175	130900
	7,0	2,7 × 1,9	4,03	195	28 × 16	120	24 × 15	158	126945
	7,2	2,3 × 1,2	2,17	245	25 × 16	185	23 × 16	215	93310
	7,0	2,1 × 1,2	1,98	250	26 × 17	205	22 × 16	228	90090
			2,74	208	=57%	150	=43%	178	96000
II. 1 : 200.10⁶ 7 6 5 4 3 2 1	7,1	4 × 2,5	7,85	140	29 × 18	110	25 × 16	125	196250
	7,1	3,6 × 2,0	5,44	155	27 × 16	110	25 × 16	133	144160
	7,0	3,9 × 2,4	7,35	160	25 × 17	130	25 × 16	145	213150
	7,0	3,7 × 2,4	6,98	155	29 × 19	120	26 × 18	138	191950
	7,0	3,3 × 2,4	6,12	140	31 × 21	125	25 × 17	133	162180
	7,0	3,4 × 2,0	5,34	180	29 × 20	120	27 × 18	150	160200
	7,1	3,1 × 2,1	5,11	160	27 × 18	120	29 × 19	140	143080
		———	6,46	156	=57%	119	=43%	138	175000
III. 1 : 100.10⁶ 7 6 5 4 3 2 1	7,0	3,5 × 2,1	5,77	125	30 × 17	130	27 × 17	128	147135
	7,0	3,5 × 2,4	6,60	180	29 × 16	115	26 × 17	148	194700
	7,1	3,0 × 1,9	4,45	225	28 × 17	160	26 × 15	193	171325
	7,1	3,5 × 2,2	6,05	145	29 × 16	125	25 × 16	135	163350
	7,1	3,7 × 2,2	6,39	170	28 × 17	120	25 × 16	145	185310
	7,0	3,9 × 2,4	7,35	135	29 × 21	120	27 × 16	128	187425
	7,0	3,7 × 2,1	6,10	155	26 × 17	140	27 × 17	148	179950
		———	6,10	162	=55%	130	=45%	146	175000
IV. 1 : 50.10⁶ 7 6 5 4 3 2 1	7,0	3,8 × 2,7	8,05	165	28 × 17	115	26 × 19	140	225400
	7,0	3,6 × 2,1	5,94	140	29 × 16	110	27 × 16	125	148500
	7,0	3,5 × 2,2	6,05	150	27 × 18	145	27 × 16	148	178475
	7,1	3,0 × 1,7	4,01	180	29 × 18	145	27 × 17	163	130825
	7,1	3,1 × 2,0	4,87	165	29 × 16	140	27 × 16	153	148535
	7,1	2,7 × 1,7	3,60	215	30 × 16	170	23 × 17	193	138600
	7,0	3,1 × 7,1	4,14	180	27 × 15	150	27 × 16	165	136620
		———	5,24	171	=55%	139	=45%	155	160000
V. 1 : 10.10⁶ 7 6 5 4 3 2 1	7,0	3,1 × 2,1	5,11	220	28 × 17	125	27 × 18	173	176800
	7,0	3,5 × 2,4	6,60	160	31 × 20	170	26 × 19	165	217800
	7,0	3,7 × 2,4	6,97	190	28 × 16	180	27 × 19	185	257890
	7,1	3,7 × 2,2	6,39	145	27 × 18	110	25 × 17	128	163845
	7,1	3,4 × 2,1	5,61	175	27 × 18	165	25 × 17	170	190740
	7,1	3,0 × 1,8	4,24	150	26 × 17	125	24 × 14	138	116600
	7,0	3,3 × 2,1	5,34	155	26 × 16	120	26 × 15	138	148850
		———	5,75	171	=55%	142	=45%	157	180000

VI. 1 : 5.10^6 7	7,0	3,6×2,2	6,23	165	30×19	120	27×17	143	177555
6	7,0	3,5×2,7	7,43	120	28×17	120	27×17	120	178320
5	7,1	3,1×2,00	4,87	200	29×16	145	26×15	173	168015
4	7,1	3,8×2,3	6,86	180	29×15	155	26×15	168	229810
3	7,1	3,5×2,3	6,32	155	27×15	125	25×16	140	176960
2	7,1	4,0×2,5	7,85	120	30×16	125	30×15	123	193100
1	7,0	3,6×2,3	6,50	155	27×16	140	26×15	148	191750
		———	6,58	156	=54%	133	=46%	145	190000
VII. 1 : 10^6 7	6,9	3,5×2,3	6,32	165	29×18	140	26×16	153	192760
6	6,9	3,6×2,5	7,07	175	29×14	110	29×16	143	201495
5	6,9	4,0×2,6	8,17	135	29×15	135	28×16	135	220590
4	6,9	4,0×2,6	8,17	150	30×17	120	27×16	135	220590
3	6,8	3,8×2,7	8,06	150	27×17	110	27×15	130	209560
2	6,9	4,1×2,8	9,01	160	29×18	85	31×21	123	220745
1	6,9	3,4×2,2	5,87	185	29×19	145	28×16	165	193710
		———	7,52	160	=57%	121	=43%	141	210000

Les dimensions des stomates sont aussi une indication. Bornons-nous à leur longueur. Voici les longueurs obtenues par séries, longueur en μ :

TABELLE 20

Séries	Folioles de 30 j.		Folioles de 55 j.		Dimensions calculées en %			
	a. Epid. inf.	b. Epid. sup.	c. Epid. inf.	d. Epid. sup.	a	b	c	d
Témoins	27,5	24,8	26,7	23,3	100	100	100	100
1 : 200.10^6	29,3	28,6	28,1	26,0	107	115	105	112
1 : 100.10^6	28,6	28,0	28,4	26,1	104	113	106	112
1 : 50.10^6	28,9	26,3	28,4	26,3	105	106	106	113
1 : 10.10^6	29,3	27,2	27,6	25,7	107	110	103	111
1 : 5.10^6	29,5	26,4	28,6	26,7	107	106	107	115
1 : 10^6	30,0	27,3	28,9	28,0	109	110	108	120

Les stomates sont en moyenne invariablement plus grands chez les plantes aneurinées que chez les témoins.

La statistique stomataire conclut nettement : les stomates, et par analogie, les autres cellules, ont des dimensions plus considérables en solutions aneurinées.

Cette constatation est appuyée par l'examen de la vascularisation, le réseau étant plus lâche chez ces mêmes feuilles.

D'autre part les rapports des dimensions foliaires sont encore d'un tout autre ordre, comme le démontre la tabelle suivante, où toutes les données moyennes sont en pour cents, par rapport aux témoins :

TABELLE 21

Folioles de 30 jours				Folioles de 55 jours		
Séries	Surface foliaire	Stomates		Surface foliaire	Stomates	
		Nombre par mm²	Longueur moyenne		Nombre par mm²	Longueur moyenne
I Témoins	100	100	100	100	100	100
II 1:200.10⁶	214	77	111	236	79	109
III 1:100.10⁶	209	70	109	223	82	109
IV 1: 50.10⁶	201	84	106	191	87	110
V 1: 10.10⁶	201	75	109	210	89	107
VI 1: 5.10⁶	225	69	107	240	81	111
VII 1: 10⁶	271	64	110	274	79	114

On peut tout d'abord se demander si la plus grande taille des stomates, et par conséquent des ostioles, compense leur moins grand nombre chez les feuilles aneurinées. L'ouverture relative des ostioles est proportionnelles au carré de la longueur des stomates. En multipliant le nombre ainsi obtenu par le nombre de stomates par mm², nous obtenons les nombres relatifs suivants :

TABELLE 22

Séries	Feuilles de 30 j.	F. de 55 j.
I	100	100
II	95	94
III	83	98
IV	94	104
V	89	102
VI	79	98
VII	87	103

On constate que la série est assez uniforme. De plus de nombreux travaux (v. Maximov 1929 et 1938) ont démontré que la proportionnalité entre l'intensité respiratoire et la surface des ostioles n'est que très approximative. On peut donc admettre qu'à surface égale, toutes ces folioles ont des échanges gazeux sensiblement équivalents.

Quant à l'augmentation relative du nombre des stomates chez les folioles de 55 jours, on peut l'attribuer au fait que ces folioles plus petites en valeur absolue, ont eu une croissance plus lente avec des tissus plus condensés.

2. La vascularisation

La densité vasculaire est aussi capable de renseigner sur les rapports des volumes cellulaires : plus les nervures des différents degrés seront espacés, plus les cellules intercalaires seront grandes ou plus nombreuses.

L'examen des préparations a démontré que la densité vasculaire est plus grande chez les témoins.

Les figures 29 et 30 en donnent un exemple parlant. Il est difficile de préciser arithmétiquement ces rapports : pour le faire il faut mesurer exactement les longueurs de toutes les nervures et nervilles sur une surface donnée. Ici chaque dessin représente un champ oculaire de 4,36 mm^2 ; ce sont les deux cas extrêmes, pris tous deux au milieu du limbe foliolaire.

Cette mensuration au curvimètre a donné pour la figure 29 une longueur réelle de 21,2 mm et pour la figure 30 de 28,8 mm. Le rapport 21, 2 : 28,8 donne 74,5%.

D'autre part, les compartiments intervasculaires sont de 72 dans la figure 30 et de 51 dans la figure 29. Donc si nous représentons par 100 la densité vasculaire du témoin, celle de l'autre serait de 71 environ, en choisissant ce mode plus commode d'évaluation qui donne un résultat très concordant. En nous y tenant, nous pouvons dire que, de façon très générale, la densité est en raison inverse de la surface foliolaire, sans vouloir donner à cette expression sa valeur strictement mathématique.

Fig. 30

Fig. 29

L'étude des stomates et de la vascularisation me permettent maintenant de répondre à la question que je posais à la fin de mon travail préparatoire : l'augmentation des divers organes résulte-t-elle de la multiplication cellulaire, de l'augmentation de volume des cellules, ou des deux à la fois ?

L'augmentation du volume des cellules étant démontrée qu'en est-il de leur nombre ?

S'il ne s'agissait que du volume, ici représenté par le facteur *carré de la longueur des stomates* et en négligeant l'épaisseur supposée proportionnelle, on devrait avoir approximativement $Kn = S : L^2$ (L = longueur de la feuille) Kn étant une constante et S la surface foliaire, tous nombres relatifs.

Or voici les résultats :

TABELLE 23

Séries	Folioles de 30 jours			Folioles de 55 jours		
	S	L^2	$(S:L^2) \times 100$	S	L^2	$(S:L^2) \times 100$
I	100	100	100	100	100	100
II	214	123	174	236	119	198
III	209	119	175	223	119	187
IV	201	112	179	191	121	158
V	201	119	169	210	115	183
VI	225	115	196	240	123	191
VII	271	121	224	274	130	211

Seconde constatation, le nombre total des cellules est aussi plus considérable, les rapports allant de 158 à 224% il y a donc stimulation à la fois de la prolifération et de l'accroissement cellulaires.

Quant à la vascularisation, elle concorde avec la statistique stomataire. En effet, nous avons trouvé sur les figures 29 et 30 un rapport de 71-75%, comme rapport entre une foliole aneurinée et une foliole témoin, et le nombre des stomates au mm^2 se meut entre 64 et 89%, en moyenne 78%.

Les observations faites sur les dimensions foliaires et de leurs cellules se répètent sur les autres organes.

Les mensurations des divers organes démontrent une grosse différence entre les témoins et la série II. Le seuil d'intensité est excessivement faible, $1 : 200.10^6$, c'est-à-dire 1 mg d'aneurine pour 200 litres d'eau ; encore eût-on pu essayer avec moins encore. On constate ensuite une action peu différente pour les solutions III, IV et V, puis un saut marqué particulièrement pour le nombre et les dimensions des nodosités bactériennes, ainsi que pour la taille des folioles. Tout cela peut s'expliquer de la même façon que ce que nous avons dit

à propos des stomates et de la vascularisation. L'optimum pour les concentrations utilisées fut obtenu avec la concentration la plus forte, soit $1 : 10^6$, ou 1 mg pour 1 litre d'eau. Il va sans dire qu'en prenant des concentrations plus fortes encore, cet optimum serait peut-être déplacé dans ce sens. (Voir conclusions).

Ajoutons que le pH des terres est demeuré à peu près invariable jusqu'au 55e jour. Les différences sont de l'ordre des erreurs d'observation avec les papiers Lyphan. Tout au plus pourrait-on relever une très minime acidification avec la concentration maximale, due peut-être au dégagement de CO^2 des radicelles plus abondantes.

Des expériences nouvelles pourraient être faites avec des pH de départ variés, la concentration d'aneurine étant le facteur limitant.

D. CONSTITUTION CHIMIQUE

Nous avons déjà indiqué dans l'introduction historique quelle est la position biochimique de l'aneurine ; précisons encore. La carboxylase est un facteur qui a la capacité, chez les végétaux, de décarboxyler l'acide pyruvique en acétaldéhyde. En 1931 Auhagen démontra que ce ferment était formé d'un support l'apocarboxylase et d'un groupe actif la cocarboxylase. En 1937, Lohmann réussit à isoler le coferment à l'état très pur, c'était l'ester diphosphorique de l'aneurine.

Or, on sait depuis Robbins et Bartley que l'aneurine agit à des doses infinitésimales, le test *racine de tomate* réagit déjà à la concentration de $1 : 4.10^9$,

L'unité internationale (U. I.) est de 3 γ d'aneurine. On peut donc y rapporter les doses d'arrosages de nos plantes d'essai ; chaque jour 100 cm^3 de l'une ou l'autre des solutions. Celles-ci étaient donc de $1 : 200.10^6$, $1 : 100.10^6$, $1 : 10.10^6$ $1 : 5.10^6$, $1 : 10^6$.

Dans la plus faible, il y avait 1 mg d'aneurine pour 200 litres d'eau ou 1 γ pour 200 cm^3 ; chaque arrosage renfermait

donc pour cette solution la plus diluée 0,5 γ ou 1 /6 UI. Les autres en renfermaient respectivemnt 1 /3, 2 /3, 3,33, 6,66 et 33,3 UI. Ces doses sont beaucoup plus fortes que celles des Américains (Robbins et Bartley), minimum actif dans 100 cm^3 = 1 /15 UI, et par conséquent devaient être très agissantes. Restait à savoir comment se répartit la plus value dans chacun des secteurs : eau, cendres, matières organiques.

Les tabelles suivantes donnent dans le détail pour chaque série :

A le pois frais en grammes

B le pois sec en grammes

C le pois des cendres en grammes

B-C le pois de la matière organique en grammes

$\frac{100 \times B}{A}$ le rapport en % du poids sec au poids frais

$\frac{100\ (A-B)}{A}$ le rapport en % du poids de l'eau au poids au poids frais

$\frac{100 \times C}{A}$ le rapport en % du poids des cendres au poids frais

$\frac{100 \times C}{B}$ le rapport en % du poids des cendres au poids sec

$\frac{100\ (B-C)}{B}$ le rapport en % du poids organique au poids sec

Il s'agit dans tous les cas de la plante entière dont les racines furent soigneusement débarrassées de toute adhérence en date du 31 août 1943, soit 57 jours après la mise en pot des graines et 52 jours après le début de la germination.

Dans la tabelle finale qui résume les autres, nous avons ajouté le rapport $\frac{100\ (B-C)}{A}$ = rapport de poids de la matière organique au poids frais.

POIS TEMOINS

TABELLE 24

Poids en grammes — Rapports en %

Pot	A	B	A-B	C	B-C	100 ×B/A	100 ×A-B/A	100 ×C/A	100 ×C/B	100 ×B-C/B
N°	P. f.	P. s.	Eau	Cendres	Mat. organ.					
1	12,60	3,50	9,10	0,78	2,72	27,80	72,2	6,19	22,30	77,70
2	12,80	3,52	9,28	0,79	2,73	27,50	72,5	6,17	22,40	77,60
3	13	3,65	9,35	0,80	2,85	28,10	71,90	6,15	21,90	78,10
4	12,9	3,61	9,29	0,81	2,80	28,00	72,00	6,27	22,40	77,60
5	12,9	3,62	9,28	0,80	2,82	28,10	71,90	6,20	22,10	77,90
6	13,3	3,71	9,59	0,82	2,89	27,90	72,10	6,16	22,10	77,90
Moyenne	12,92	3,60	9,32	0,80	2,80	27,90	72,10	6,19	22,20	77,80

POIS 1/200.000.000

TABELLE 25

Poids en grammes — Rapports en %

Pot	A	B	A-B	C	B-C	100 ·B/A	100 ×A-B/A	100 ×C/A	100 ×C/B	100 ×B-C/B
N°	P. f.	P. s.	Eau	Cendres	Mat. organ.					
1	16,2	5,5	10,7	1,25	4,25	34	66	7,7	22,70	77,30
2	16,5	5,66	10,84	1,28	4,38	34,3	65,7	8	22,60	77,40
3	17	5,84	11,16	1,32	4,52	34,40	65,60	7,8	22,60	77,40
4	16,9	5,81	11,09	1,30	4,51	34,40	65,60	7,63	22,40	77,60
5	16,2	5,5	10,7	1,25	4,25	34,00	66,00	7,7	22,70	77,30
6	16,6	5,7	10,9	1,29	4,41	34,30	65,70	7,7	22,60	77,40
7	18,4	6,20	12,1	1,40	4,90	34,20	65,80	7,56	22,20	77,80
Moyennes	16,83	5,76	11,07	1,30	4,46	34,20	65,80	7,73	22,50	77,50

TABELLE 26

POIS 1/100.000.000

Poids en grammes — Rapport en %

Pot	A	B	A-B	C	B-C	100 ×B / A	100 ×A / A	100 ×C / A	100 ×C / B	100 ×B-C / B
N°	P. f.	P. s.	Eau	Cendres	Mat. organ.					
1	16,5	5,67	10,83	1,27	4,40	34,40	65,60	7.75	22.40	77.60
2	17	5,84	11,16	1,30	4,54	34,40	65,60	7.80	22.30	77.70
3	16,9	5,8	11,10	1,28	4,52	34,30	65,70	7.57	22.10	77.90
4	17,2	5,87	11,33	1,30	4,57	34,10	65,90	7.55	22.10	77.90
5	16	5,3	10,70	1.17	4,13	33,10	66,90	7.31	22.10	77.90
6	16,2	5,35	10,85	1.18	4,17	33,00	67,00	7.28	22.10	77.90
7	18	6	12	1,33	4,67	33,30	66,70	7.38	22.20	77.80
Moyennes	16,8	5,69	11,11	1,26	4,43	33,80	66,20	7.52	22.20	77.80

TABELLE 27

Pois 1/50.000.000

Poids en grammes — Rapports en %

Pot	A	B	A-B	C	B-C	100 ×B / A	100 ×A-B / A	100 ×C / A	100 ×C / B	100 ×B-C / B
N°	P. f.	P. s.	Eau	Cendres	Mat. organ.					
1	18	6,1	11,9	1,35	4,75	33,90	66,10	7,5	22,10	77,90
2	18,1	6,15	11,95	1,35	4,80	34,00	66,00	7,45	22,00	78,00
3	16,2	5,36	10,84	1,18	4,18	33,10	66,90	7,28	22,00	78,00
4	17	5,85	11,15	1,30	4,55	34,40	65,60	7,64	22,20	77,80
5	16,9	5,82	11,08	1,28	4,54	34,30	65,70	7,57	22,00	78,00
6	17	5,84	11,16	1,30	4,54	34,40	65,60	7,64	22,30	77,70
7	16,5	5,68	10,82	1,29	4,39	34,40	65,60	7,81	22,70	77,30
Moyennes	17,10	5,83	11,27	1,29	4,54	34,10	65,90	7,56	22,2	77,8

TABELLE 28
Pois 1/10.000.000

Pot	Poids en grammes A	B	A-B	C	B-C	Rapports en % 100 ×B / A	100 ×A-B / A	100 ×C / A	100 ×C / B	100 ×B-C / B
N°	P. f.	P. s.	Eau	Cendres	Mat. organ.					
1	17	5,83	11,17	1,32	4,51	34,30	65,70	7,76	22,60	77,40
2	17,1	5,85	11,25	1,32	4,53	34,20	65,80	7,76	22,60	77,40
3	17,2	5,86	11,34	1,33	4,53	34,10	65,90	7,63	22,70	77,30
4	16,9	5,81	11,09	1,29	4,52	34,40	65,60	7,63	22,20	77,80
5	17,1	5,86	11,24	1,32	4,54	34,30	65,70	7,71	22,50	77,50
6	18	6,12	11,88	1,34	4,78	34,00	66,00	7,44	21,90	78,10
7	17,2	5,91	11,29	1,34	4,57	34,40	65,60	7,79	22,70	77,30
Moyennes	17,2	5,89	11,31	1,32	4,57	34,20	65,80	7,67	22,50	77,50

TABELLE 29
Pois 1/5.000.000

Pot	Poids en grammes A	B	A-B	C	B-C	Rapports en % 100 ×B / A	100 ×A-B / A	100 ×C / A	100 ×C / B	100 ×B-C / B
N°	P. f.	P. s.	Eau	Cendres	Mat. organ.					
1	17,7	5,8	11,9	1,4	4,4	32,80	67,20	7,90	24,10	75,90
2	17,5	5,7	11,8	1,27	4,43	32,60	67,40	7,25	22,30	77,70
3	18	6,01	11,99	1,42	4,59	33,40	66,60	7,88	23,60	76,40
4	18,2	6,10	12,10	1,44	4,66	33,50	66,50	7,91	23,60	76,40
5	18,4	6,22	12,18	1,44	4,78	33,20	66,80	7,82	23,20	76,80
6	18,6	6,25	12,35	1,43	4,82	33,60	66,40	7,60	22,90	77,10
7	18,9	6,27	12,63	1,45	4,82	33,20	66,80	7,67	23,10	76,90
Moyennes	18,2	6,05	12,15	1,41	4,64	33,20	66,80	7,72	23,20	76,80

TABELLE 30
Pois 1 /1.000.000

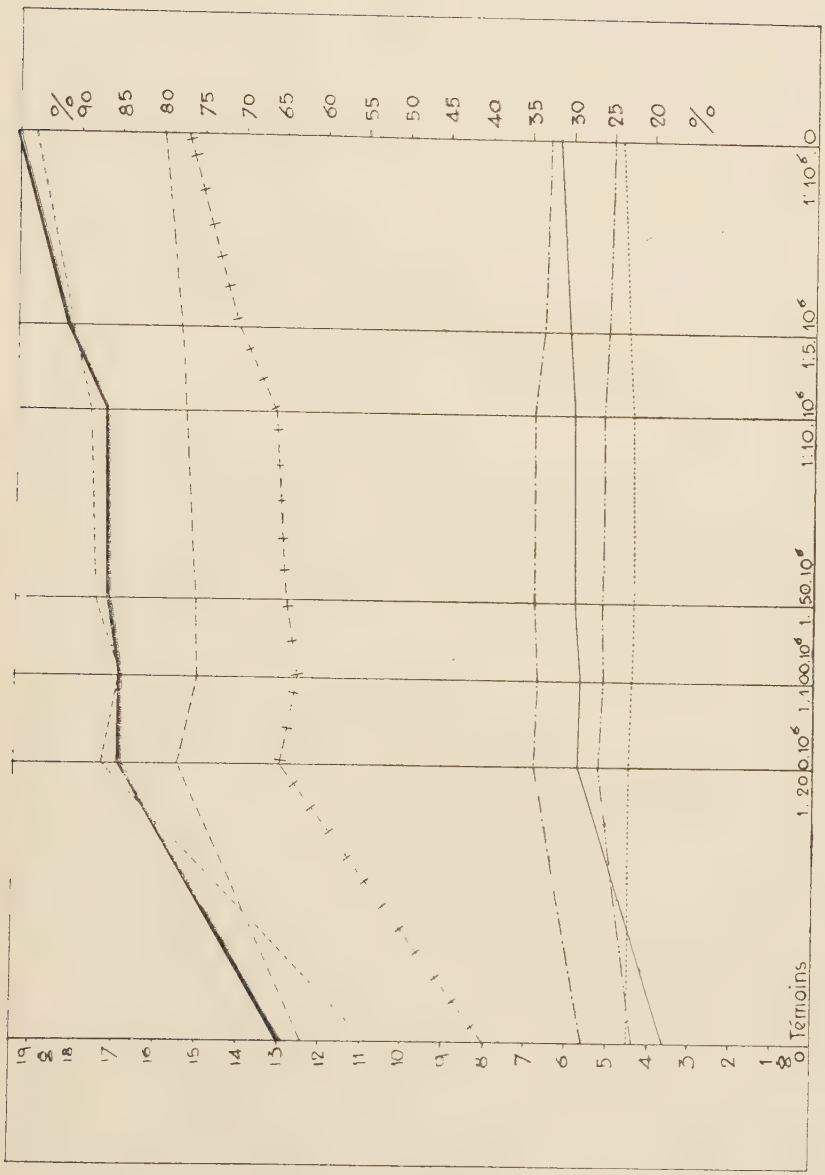
	Poids en grammes					Rapports en %				
Pot	A	B	A-B	C	B-C	100 ×B / A	100 ×A-B / A	100 ×C / A	100 ×C / B	100 ×B-C / B
N°	P. f.	P. s.	Eau	Cendres	Mat. organ.					
1	19,5	6,5	13	1,42	5,08	33,30	66,70	7,28	21,80	78,20
2	19	6,2	12,8	1,5	4,70	32,60	67,40	7,88	24,20	75,80
3	19,4	6,2	13,2	1,56	4,64	32,00	68,00	8	25,20	74,80
4	20	6,6	13,4	1,61	4,99	33,00	67,00	8,05	24,40	75,60
5	19,8	6,5	13,30	1,59	4,91	32,80	67,20	8	24,50	75,50
6	19,2	6,2	13	1,55	4,65	32,30	67,70	8,07	25,00	75,00
7	19,2	6,3	12,9	1,55	4,75	32,80	67,20	8,07	24,60	75,40
Moyennes	19,4	6,36	13,04	1,54	4,82	32,70	67,30	7,91	24,2	75,8

Tabelle résumée 31

Séries	Poids en grammes					Rapports en %					
	A	B	A-B	C	B-C	B / A	A-B / A	C / A	C / B	B-C / B	B-C / A
I	12,92	3,60	9,32	0,80	2,80	27,9	72,1	6,19	22,2	77,8	21,7
II	16,83	5,76	11,07	1,30	4,46	34,2	65,8	7,73	22,5	77,5	26,5
III	16,80	5,69	11,11	1,26	4,43	33,8	66,2	7,52	22,2	77,8	26,3
IV	17,10	5,83	11,27	1,29	4,54	34,1	65,9	7,56	22,2	77,8	26,5
V	17,20	5,89	11,31	1,32	4,57	34,2	65,8	7,67	22,5	77,5	26,5
VI	18,20	6,05	12,15	1,41	4,64	33,2	66,8	7,72	23,2	76,8	25,5
VII	19,40	6,36	13,04	1,54	4,82	32,7	67,3	7,91	24,2	75,8	24,8

Examinons chaque colonne.

A. Poids frais. Il augmente fortement des témoins à la concentration la plus faible, puis demeure à peu près stationnaire, pour s'accroître à nouveau rapidement dès la solution



GRAPHIQUE 31

$1 : 5.10^6$. Ce phénomène de quasi-stabilisation a déjà été signalé dans les observations précédentes. Voir en particulier les diagrammes.

B. Poids sec. Même observation. Mais si le poids absolu augmente au fur et à mesure avec les concentrations, il n'en est plus de même du rapport poids sec à poids frais. Il fait le saut prévu des témoins à la série I, mais ensuite, il est stagnant et finit même par diminuer légèrement.

A-B. Hydrature. Le poids de l'eau suit naturellement la marche inverse, par conséquent l'aneurine favorise la formation de substances solides.

C. Cendres. Ici encore nous remarquons une marche analogue à celle du poids frais, aussi le rapport cendres à poids frais est-il assez constant dans les séries aneurinées, et le rapport cendres à poids sec ne varie-t-il guère qu'à partir de la série VI. Il semble donc que seules les grandes concentrations aient une action sensible dans ce secteur.

B-C. Matière organique. Stabilité remarquable du rapport matière organique au poids sec, sauf pour les fortes concentrations. Quant au rapport matière organique au poids frais il présente à nouveau ce caractère général de donner une courbe d'abord très montante, puis plus ou moins horizontale, enfin légèrement descendante.

Les graphiques de la figure 31 concrétisent ces faits.

La ligne ▬▬▬▬ représente la colonne A.

La ligne - - - - - - - - représente la colonne $B \times 3$.

La ligne — — — — représente la colonne $\frac{100\ C}{A} \times 10$

La ligne + + + + + + représente la colonne $\frac{C}{100\ B} \times 10$

La ligne — - — - — - représente la colonne $\frac{B}{A}$

La ligne — - - — - - — représente la colonne $\frac{100\ (B\text{-}C)}{A}$

La ligne ..... représente la colonne $\frac{100\ C}{B}$

La ligne ———— représente la colonne B

CONCLUSIONS

Toutes les observations faites, tant dans les recherches préliminaires que dans la seconde partie du travail, ont démontré une fois de plus l'action indiscutable de l'aneurine : ceci ne faisait que confirmer de multiples autres observations.

Restait à déterminer de quelle façon se manifeste cette stimulation. Un premier problème important a été résolu : l'aneurine stimule à la fois la prolifération et l'augmentation du volume des cellules.

Puis se posait la question de son activité dans les divers secteurs chimiques : eau, cendres, matières minérables.

Les résultats des recherches préliminaires n'ont évidemment qu'une valeur relative puisque chaque concentration n'était représentée que par un pot par plante et que le nombre des graines germées dans chaque pot n'était pas toujours le même. Toutefois si les poids absolus sont entachés de ce fait, les poids relatifs des composants chimiques des individus de chaque pot prêtent moins à discussion, surtout si leur convergence vers un même aboutissement ne fait aucun doute.

Voyons d'abord *le rapport % poids sec au poids frais.* En voici le résumé :

TABELLE 32

	Témoins	*Plantes aneurinées*
Pois 1re série	24,6	25,9—33,0
Pois 2me série	25,0	24,8—34,4
Pois 3me série	25,1	25,0—26,6
Haricots 1re série	22,8	24,0—27,4
Haricots 2me série	23,2	21,0—29,1
Haricots 3me série	18,4	15,6—19,0
Tagètes	17,8	17,6—20,6
Zinnias	23,8	24,0—24,7
Reines-marguerites	21,4	22,0—27,1
Marjolaines	48,8	50,0—69,8

L'allure générale est indiscutable : *l'aneurine favorise la constitution de matière solide et diminue proportionnellement la proportion d'eau.*

Ceci est confirmé de façon précise par les expériences du second temps.

Ensuite quelle est la répartition de ce poids sec entre la matière organique et les cendres ?

Voici les réponses des recherches préliminaires :

TABELLE 33

Plantes	Poids des cendres × 100		Poids organique × 100	
	Poids sec		Poids sec	
	Témoins	Plantes aneurinées	Témoins	Plantes aneurinées
Pois I	24,0	22,1—26,4	76,0	73,6—77,9
Pois II	25,0	22,7—25,1	75,0	74,9—77,3
Pois III	27,9	27,6—32,9	72,1	67,1—72,4
Haricots I	33,0	30,3—32,0	67,0	68,0—69,7
Haricots II	30,2	27,9—32,5	69,8	67,5—72,1
Haricots III	18,9	17,4—20,5	81,1	79,5—82,6
Tagètes	24,8	24,8—36,0	75,2	64,0—75,2
Zinnias	25,7	25,3—28,2	74,8	71,8—74,7
Reines-marguerites	22,7	20,4—22,6	77,3	77,4—79,6
Marjolaines	48,8	50,0—60,0	51,2	40,0—50,0

Il ressort de ces chiffres que, sauf chez le Tagète et la Marjolaine, l'aneurine ne modifie guère le rapport procentuel cendres : matières organiques qu'à partir des concentrations fortes et ne faveur des cendres. En combinant ces observations avec celles des pages 68 et 69, nous disons : *L'aneurine, en concentrations jusqu'à* $1 : 10.10^6$ *ne modifie pas la proportion de la matière minérale et de la matière organique par rapport aux témoins, mais à partir de* $1 : 5.10^6$ *elle favorise la minéralisation.* (Voir Marjolaine, page 31.)

Il est enfin un point spécial sur lequel nous voulons insister, c'est l'action de l'aneurine sur le développement des

nodosités bactériennes chez les légumineuses expérimentées. En observations préliminaires, tant chez les pois que chez les haricots, ces nodosités, sous l'influence de l'aneurine, furent de 2 à 3 fois plus nombreuses et 3 fois plus grosses que chez les témoins. Il va sans dire que chez les pois cultivés aseptiquement en Erlenmeyer, il n'y en avait pas.

Les résultats obtenus en seconde recherche sont précis et tout aussi concluants (voir page 32).

TABELLE 34

	Longueur des racines	Nombre de nodosités par plante	Nombre de nodosités par cm	Diamètre des nodoistés	Volume relatif des nodosités sur 1 cm
Témoins	16—16 cm	25—30	1.77	0,5 mm	100
Séries II-V	24—26 cm	50—60	2,20	0.8-1.2 mm	1000
Séries VI	25—27 cm	75—90	3,17	1,5 mm	4860
Série VII	26—32 cm	75—90	2,85	1,5 mm	4320

Donc, *l'aneurine stimule l'infection bactérienne tant en nombre qu'en poids des nodosités.* La concentration $1 : 5.10^6$ présente ce double caractère de ne stimuler la croissance de la racine que comme les dilutions plus faibles, mais celle des nodosités comme la concentration $1 : 10^6$.

La stimulation est nettement proportionnelle à la concentration, sans attacher à cette expression une valeur strictement mathématique.

On pourrait craindre que les individus « forcés » par l'aneurine soient plus délicats que les témoins. Les détails relatés aux procès-verbaux démontrent que c'est l'inverse. L'aneurine les rend plus résistants au froid et au chaud, à la sécheresse, et augmente leur teneur en chlorophylle. Ce dernier point est une hypothèse fondée sur une coloraiton plus foncée.

A titre documentaire on peut encore se demander ce que

représente pour quelques-unes de nos plantes la ration offerte en vitamine. Nous tablons ici sur les données de W. Stepp (1941) et sur celles du Service scientifique Roche (1942).

Pour les haricots frais ils indiquent respectivement 0,075-0,2 mg et 0,1 mg pour 100 g de substance, et pour les pois frais 0,15-0,2 mg et 0,05-0,3 mg pour 100 g de substance. Adoptons une moyenne de 0,1 pour les haricots, cela fait $1 : 10^6$ du poids de la substance, et pour les poids une moyenne de 0,15, ou $1,5 : 10^6$. Etant donné que la substance de ces graines n'est pas formée d'eau seulement, on constate que la proportion normale d'aneurine contenue dans les haricots et les petits pois frais est supérieure aux plus fortes doses offertes dans l'expérimentation. Ceci explique peut-être pourquoi une faible adjonction a un effet très marqué, pourquoi ensuite les concentrations successives n'ont qu'un effet relatif, pourquoi enfin des concentrations beaucoup plus élevées provoquent un nouveau saut. Comme c'est la règle dans ces phénomènes biologiques, les réactions se succèdent dans l'ordre de progression géométrique et non arithmétique.

La loi biologique de Weber-Fechner dit qu'« une excitation doit toujours être un multiple-même de l'excitation précédente pour produire une nouvelle réaction ».

Nous serions donc amenés à déduire que l'adjonction de solutions aneurinées de faible concentration détermine un premier seuil différentiel et que le second n'est atteint qu'avec la concentration de $1 : 5.\ 10^6$ et $1 : 10^6$. De nouvelles expériences faites avec des concentrations inférieures à $1 : 200.10^6$ et supérieures à $1 : 10^6$ indiqueraient le minimum nécessaire à déclencher la réaction différentielle inférieure et le terme supérieur de la réaction positive.

De plus les nombreux travaux déjà publiés ont prouvé indiscutablement que, dans des conditions déterminées, l'aneurine n'agit pas identiquement sur tous les végétaux. On peut augmenter le nombre des radicelles, accroître la taille, avancer la floraison dans certains cas, alors que pour

d'autres plantes on ne remarque rien. Comparez par ex. pour la floraison, d'un côté *Tagètes*, *Zinnias*, *Callistephus*, et de l'autre *Phaseolus* et *Pisum*.

Les espèces ont donc un optimum physiologique très variable de l'une à l'autre, et sans doute d'un individu à l'autre. En effet, si la synthèse chlorophyllienne est normale, ou lorsque l'apport exogène du sol est suffisant, l'aneurine n'est pas nécessaire même en solution optimale. Ici la stérilisation thermique de la terre a détruit l'aneurine dans celle-ci, de sorte que l'apport de l'arrosage a été plus ou moins nécessaire à un développement normal. La germination était liée à l'aneurine des cotylédons, laquelle devait être assez rapidement épuisée, d'où l'action immédiate de concentrations très faibles.

BIBLIOGRAPHIE

1. Bonner, J. — Vitamine B_1 and the growth of roots : the relation of chemical structure to physiological activity. American Journal of Botany, vol. 25, 1938.
2. Bunning, E. — Die Physiologie des Wachstums und der Bewegungen, Berlin, 1939.
3. Combes, R. — La vie de la cellule végétale. Collection Armand Colin, Paris.
4. v. Fitting, H. — Die Ernährung der Pflanze. Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik.
   Band 36 Heft 4 (Ed. Gebrüder Borntraeger, Berlin, April 40)
   Band 36 Heft 9 (Ed. Gebrüder Borntraeger, Berlin, Sept. 40)
   Band 37 Heft 2 (Ed. Gebrüder Borntraeger, Berlin, Feb. 41)
   Band 37 Heft 6 (Ed. Gebrüder Borntraeger, Berlin, Jun. 41)
   Band 90 Heft 1 u. 2 (Ed. Gebrüder Borntraeger, Berlin, Jun. 41)
5. Funk, C. — Die Vitamine. München. 1924.
6. Guillermond et G. Mangenot. — Biologie végétale, Collection du P. C. B., Masson, Paris, 1941.
7. Gordonoff, T. — Les vitamines et le problème des vitamines (Edition Victor Attinger).
8. Kogl, F. und Haagen-Smit, A. J.. — Biotin und Aneurin als Phyto-hormon. Hoppe Seylers, Zeitschr. f. physiol. Chem. 243, 209 (1936)
9. Mouriquaud, G. — Vitamines et carences alimentaires, Paris (Michel) 1942.
10. Maximov, N. A.. — The plant in relation to water, New-York, 1929, and Plant Physiology, New-York and London, 1938.
11. Mirimanoff, A. — Influence de l'aneurine sur la culture du pavot somnifère ; premiers résultats. (Extraits des comptes-rendus de la Société Botanique de Genève, séance du 15, 12, 41).
12. Moser, W. — Untersuchungen über Wachstumsfaktoren bei Mikro-Organismen. Die Trennung der Wirkstoffe vitaminischer Natur des Weizenkeimes. Verlag Paul Haupt, Bern, 1940.
13. Muller, F. — Zur Wirkstoffphysiologie des Bodenpilzes Mucor Ramamnianus. Separatdruck aus : Berichte der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft. 1941, Band, 51).
14. Ondratschek, K. — Experimentelle Untersuchungen über den Einflus von Wirkstoffen auf die Vermehrung einiger mixotropher Algen. B. Z., 1941, Heft. 2).
15. Pyke, M. — Observations on the distribution of Vitamine B_1 in some plant families. (B. Z., 1940, Heft 7).
16. Randoin, L. et Simonnet, H. — Les vitamines. Collection Armand Colin. Paris.
17. Robbins, W. and Bartley Schmidt, M. — Growth of excited roots of the Tomato. The Botanical Gazette. June 1938.
18. Roche (F. hoffmann-La Roche, Bâle). — Plantes et vitamines.

19. Roche. — Vademecum sur les vitamines, 1940, N° 4.
20. Roche. — Vademecum sur les vitamines, 1942, N° 1/2.
21. Rytz, W. — Betrag zum Aneurinstoffwechsel bei Höheren Pflanzen. Separatdruck aus : Berichte der Schweizerischen Botanischen Geselschaft, 1939, Band 49.
22. Sandoz, L. M. — Vitamines et santé publique. Editions Victor Attinger.
23. Schopfer, W. H. — Le rôle des facteurs de croissance. Extrait de « Protoplasma » 1937, tome XXVIII, N° 3 (Verlag von Gebrüder Borntraeger in Leipzig).
24. Schopfer, W. H. — La spécificité d'action de l'aneurine sur Phycomyces. Le rôle des constituants de l'aneurine et de leurs produits de substitution. Extrait du Bul. de la Soc. de Botanique suisse, 1937, tome 17).
25. Schopfer, W. H. — Uber die Einwirkung von Aneurin auf das Wachstum von Ustilago violacea. Sonderabdruck aus den Berichten der Deutschen Botanischen Gessellchaft, 1937, Band LV, Heft 9.
26. Schopfer, W. H. — Aneurine et héterotrophie chez les microorganismes. Extrait de : Archiv für Mikrobiologie, 1 Heft, Band 9, Verlag von Julius Springer, Berlin, 1938.
27. Schopfer, W. H. — Etude des organes d'animaux normaux et avitaminose B_1 au moyen du test Phycomyces. Etablissement d'une microméthode. Tirage à part de : Zeitsch. für Vitaminforschung. Tome 7. Cahier 2. Avril 1938. Ed. Hans Huber, Berne.
28. Schopfer, W. H. — La pyrimidine (2-Méthyl-4-amino-5-méthylpyrimidine), facteur de croissance de microorganismes (Rhodotorula, etc.).
29. Schopfer, W. H. — Recherches sur l'action de la vitamine E sur les plantes. Tirage à part de : Zeitsch. für Vitaminforschung, Tome 9, Cahier 4, 1939.
30. Schopfer, W. H. — Le problème du métabolisme de l'aneurine chez les plantes. Tirage à part de la plaquette jubilaire « Officinia Wander 1865-1940 ».
31. Schopfer, W. H. — Etude comparative de la spécificité d'action de la pyrimidine constituant de l'aneurine, facteur de croissance de microorganisme. Extrait de « Enzymiologia » 1940, vo. VII, Fasc. 4, 15, 1940.
32. Schopfer, W. H. — Le problème de la spécificité d'action des vitamines.
33. Schopfer, W. H. — Etude de quelques analogues de l'aneurine (vitamine B_1). Les hétérovitamines B_1 et leur action sur les microorganismes. Supplément aux Archives pour les Sciences physiques et Naturelles de Genève, 1941, Imprimerie Albert Kundig, Genève.
34. Schopfer, W. H. — Quelques aspects nouveaux du problème des vitamines. Conférence faite à la Société médicale de Genève. Revue médicale de la Suisse romande. N° 7, 25 juillet 1941.
35. Schopfer, W. H. et S. Blumer. — Les facteurs de croissance du genre Ustilago. Extrait des comptes-rendus des séances de l'Académie des Sciences, T. 206, p. 1141, séance du 4 avril 1938.
36. Schopfer et Blumer.— Le pouvoir de synthèse d'un facteur de croissance par Schizophyllium commune. Protoplasma 1940. Tome 34.
37. Sivadjian, J. — La chimie des vitamines et des hormones. Gauthier-Villars, 1938.

38. Stepp, und Kuhnau, und Schroeder. — Die Vitamine und ihre klinischeanwendung. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 1941.
39. Synnove, v ; Hausen. — The role of vitamin C in the growth of higher plants, printed by O.-Y. Sana A.-B., Helsinki, 1936.
40. Thérond, L. — Les techniques modernes de la stimulation végétale et du « forçage » des plantes. La Science et la Vie. Déc. 40.
41. Utiger, H. — Neue Untersuchungen über die Bedingungen der Künstlicher Symbiose Mucor Ramamnianus-Rhodotorula rubra. Ber. d. schw. bot. ges. 1942.
42. Uzan, M. — Vitamines des aliments. Physiologie, Revue annuelle. Paris 1937-38.
43. Went and Thimann. — Phytohormones. New-York, The Macmillan Company, 1937.
44. Wildiers, E. — Nouvelle substance indispensable au développement de la levure. La Cellule, 1901, 18, 311.